DAS VERHALTEN DER HAUTTEMPERATUR AN WADE, FUSSRÜCKEN UND ZEHE BEIM MENSCHEN VOR UND NACH EINEM STANDARDISIERTEN KALTWASSERREIZ IN ABHÄNGIGKEIT VON KURZZEITIGEN LUFT-TEMPERATUR- UND LUFTFEUCHTEREIZEN WÄHREND EINES VIERWÖCHIGEN AUFENTHALTES IM KÜNSTLICH KLIMATISIERTEN VERSUCHSRAUM

Werner Kopp

1979

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 26 81 77

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie
und Klimatologie der Universität München
Vorstand: Prof.Dr.med.H.Drexel

DAS VERHALTEN DER HAUTTEMPERATUR AN WADE, FUSSRÜCKEN UND ZEHE BEIM MENSCHEN VOR UND NACH EINEM STANDARDISIERTEN KALTWASSERREIZ IN ABHÄNGIGKEIT VON KURZZEITIGEN LUFT-TEMPERATUR-UND LUFTFEUCHTEREIZEN WÄHREND EINES VIER-WÖCHIGEN AUFENTHALTES IN KÜNSTLICH KLIMATISIERTEN VER-SUCHSRAUM

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten
Medizin verfaßt und einer Hohen Medizinischen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von

Werner Kopp
aus München

1979

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter :	Prof. Dr. med. H. Drexel
Mitberichterstatter :	Dipl.-Physiker K. Dirnagl
Dekan :	Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung : 17.7.79

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsübersicht

Seite

1. Einleitung 1

2. Einige Bemerkungen zur Temperaturregulation beim Menschen und Literaturübersicht zu einschlägigen Teilgebieten der Thermoregulation 2

2.1. Allgemeines 2
2.2. Wärmeabgabe an die Umgebung 2
2.2.1. Kern-Schale 2
2.2.2. Wärmestrom Kern-Hautoberfläche 3
2.2.2.1. Wärmetransport durch Leitung 3
2.2.2.2. Wärmetransport durch Konvektion 3
2.2.2.3. Wärmedurchgangszahl,Scheinleitfähigkeit 3
2.2.3. Hauttemperatur 4
2.2.4. Besonderheiten der Extremitäten 4
2.2.5. Abhängigkeit der Hauttemperatur von den Umgebungsbedingungen 5
2.2.5.1. Einfluß der Lufttemperatur 5
2.2.5.2. Einfluß der Luftfeuchte 6
2.3. Zur Wiedererwärmung am Bein nach einem definierten Kaltreiz 6
2.4. Sonstige Einflüsse von Wetterelementen auf die periphere Durchblutung oder auf die Hauttemperatur 7

3. Methodik 9

3.1. Allgemeine Organisation des 3.Klimakammerversuches 9
3.1.1. Vorbemerkung zur Auswahl der in dieser Arbeit besprochenen Meßgrößen 9
3.1.2. Der Bioklimaraum 10

3.1.3. Die Versuchspersonen 11
3.1.4. Klimaverhältnisse 12
3.1.5. Durchführung des Versuches 12
3.2. Spezielle Methodik 17
3.2.1. Temperaturmessung 17
3.2.2. Wiedererwärmung 17

4. Auswertung der Zwölfpunkteschreiberprotokolle 20

4.1. Auswertungsgang bis zu den Residuen der Wiedererwärmung 20
4.2. Auswertung der Klimareizeinflüsse 22

5. Ergebnisse (in Form von graphischen Darstellungen und Listen) 26-63
(Beschreibung der graphischen Darstellungen und Listen) 65
5.1. Temperaturverläufe von Turn zu Turn vor und nach dem Kaltwasserfußbad über 28 Versuchstage 65
5.2. Die Residuenverläufe über die 28 Versuchstage 66
5.3. Klimaeinflüsse 67
5.3.1. Vergleich der Quotienten der Symbolgebung relativ zum Mittel bzw. relativ zum Vorturn von Klimareiz-mit Nichtklimareiztagen 67
5.3.1.1. Hauttemperaturen,Symbole relativ zum Mittel,+/- 68
5.3.1.2. Symbolgebung relativ zum Vorturn,+/- 68
5.3.1.3. Symbolgebung relativ zum Mittel, Quotient O/+- 68
5.3.1.4. Hauttemperaturen,Symbolgebung relativ zum Vorturn,O/+- 69
5.3.1.5. Residuen,Symbolgebung relativ zum Mittel,+/- 69

5.3.1.6. Symbolgebung relativ zum Vorturn,+/- 69
5.3.1.7. Symbolgebung relativ zum Mittel.0/+- 69
5.3.1.8. Symbolgebung relativ zum Vorturn,0/+- 69
5.3.1.9. Graphische Darstellung der Quotienten im Verlauf von Turn zu Turn 69
5.3.2. Vergleich des synchronen bzw.nicht synchronen Verhaltens der Meßgrößen und VP an den Klimareiztagen im Vergleich mit den Nichtreiztagen 70
5.4. Tagesgang der Meßgrößen 72
5.4.1. Tagesgang der Hauttemperaturen 72
5.4.2. Tagesgang der Wiedererwärmung 72
5.4.2.1. Hauttemperaturen vor dem Kaltwasserbad 73
5.4.2.2. Differenz der Mittelwerte der Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserbad 73
5.4.2.3. Korrelationskoeffizient zwischen den Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserfußbad:"r" 74
5.4.2.4. Der Regressionskoeffizient 74
5.4.2.5. Residuenmittelwerte mit ihren Standardabweichungen von einer für jede VP und Meßgröße getrennt,für alle Turns gemeinsam errechneten Regressionsgeraden 75

6. Besprechung der Ergebnisse 75

6.1. Hauttemperaturverläufe und
6.2. Residuenverläufe von Turn zu Turn über 28 Versuchstage 75

6.3. Klimaeinflüsse 76
6.4. Tagesgang der Meßgrößen 84
6.4.1. Tagesgang der Hauttemperaturen 84
6.4.2. Tagesgang der Wiedererwärmung 84

7. Methodenkritik 91

7.1. Die Wiedererwärmung 91
7.2. Der Zeitpunkt der Turns 93
7.3. Relation der Klimareize zum versuchsbedingten Reiz 94

Zusammenfassung 97

Literaturverzeichnis 99

1. Einleitung

Ein relativ junger Wissenschaftszweig, die Medizinmeteorologie befaßt sich mit dem Einfluß des Wetters auf den menschlichen Organismus und versucht den seit langem bekannten Begriff "Wetterfühligkeit" mit wissenschaftlichen Methoden zu erforschen. Die Hauptschwierigkeit der Medizinmeteorologen liegt darin begründet, daß der Begriff "Wetter" eine Vielzahl von Einzelparametern beinhaltet und ein Einfluß des Wetters auf den Menschen nur schwer in Meßdaten zu erfassen ist (16).

Derzeit gibt es zwei Forschungsrichtungen: Es ist einmal die statistische Erfassung bestimmter physiologischer Wirkungen von sogenannten "Akkordschwankungen" (14) von Einzelparametern des Wetters, wie sie im natürlichen Wetterablauf beobachtet werden (Ungeheuer, Amelung, Schulze, Schröder) (5, 21). Diese Methode liefert statistisch gesicherte, aber mehr qualitative Zusammenhänge.

Um eine kausale Beziehung zwischen einfachen Einzelelementen des Wetters und bestimmten physiologischen Auswirkungen nachweisen zu können, muß man diese Einzelelemente in einem künstlichen Klima unabhängig voneinander und unter Konstanthaltung möglichst aller übrigen Parameter verändern können. Diese Möglichkeit hat das Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München mit einem sogenannten Bioklima-Raum.

Im Rahmen des dritten 28-tägigen Dauerversuches seit Bestehen des Bioklima-Raumes befaßt sich diese Arbeit mit dem Einfluß kurzzeitiger Temperatur- und Feuchtigkeitsreize auf die Hauttemperatur an rechter Wade, rechtem Fußrücken und rechter grosser Zehe und auf die Wiedererwärmung an diesen Stellen nach einem Standardkaltreiz.

2. Einige Bemerkungen zur Temperaturregulation beim Menschen

2.1. Allgemeines

Der Mensch ist als homoiothermes Wesen im Stande,seine Kerntemperatur(abgesehen vom geringfügigen Tagesgang)konstant zu halten.Für die Konstanthaltung sowohl unter variierenden Anforderungen an den Organismus(Ruhe,Arbeit),als auch unter verschiedenen Umgebungsbedingungen(beim umgebenden Medium Luft z.B.Temperatur,Feuchte,Windgeschwindigkeit,Strahlung) stehen grundsätzlich zwei Regelungsmechanismen zur Verfügung,nämlich die Variation der Wärmeproduktion durch Stoffwechselleistung und die Variation der Wärmeabgabe an die Umgebung.Im uns hier interessierenden sogenannten"neutralen"oder"vasomotorisch geregelten"Bereich,der von etwa 20 bis 28 Grad Celsius Lufttemperatur reicht(1)erfolgt die Konstanthaltung der Kerntemperatur fast ausschließlich über die Regulation der Wärmeabgabe, welche deshalb näher betrachtet werden soll.

2.2. Wärmeabgabe an die Umgebung

2.2.1. Kern-Schale

Spricht man von der Kerntemperatur,so meint man mit"Kern" etwas vereinfacht den homoiothermen Teil des Körpers im Gegensatz zu der den Kern umgebenden,an den Schwankungen der Umgebungstemperatur teilnehmenden"Schale".Die Grenzen zwischen Kern und Schale sind keineswegs scharf,sondern gehen fließend ineinander über und sind je nach Umgebungsbedingungen veränderlich(40).Bei mässigen Temperaturänderungen rechnet man etwa 20-35 % der Körpermasse zur Schale,die jedoch bei starker Abkühlung auch bis zu 50 % der Körpermasse erreichen kann (11) .Zum Kern gehört im allgemeinen das Innere des Brust-und Bauchraumes,das Gehirn und ein Teil der Skelettmuskulatur(40).

2.2.2. Wärmestrom Kern-Hautoberfläche

Damit ein stetes Aufheizen des Kerns durch die bei Stoffwechselleistungen sozusagen als Abfallsprodukt anfallende Wärme vermieden wird,muß ständig genau dosiert Wärme nach außen abströmen,um über die Hautoberfläche an die Umgebung abgegeben zu werden. Dieser Wärmetransport zur Haut geschieht auf zwei Arten:durch Leitung im Gewebe und durch Konvektion mit dem Blutstrom.

2.2.2.1. Wärmetransport durch Leitung

Die Wärmeleitung hängt ab von der Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen Gewebearten,welche zwar vom jeweiligen Wassergehalt beeinflußt wird,insgesamt aber relativ schlecht ist,so daß der Wärmetransport durch Leitung im Vergleich zum maximal möglichen konvektiven gering ist (40).Zum Vergleich seien einige Wärmeleitzahlen angegeben (in cal $cm^{-1}s^{-1}\,{}^{o}C^{-1}$) :

Haut des Menschen,schwach durchblutet	0,8	(31)
Haut des Menschen,stark durchblutet	3,5	(31)
Luft	0,056	(13)
Wasser	1,4	(13)
Silber	1000,0	(13)

2.2.2.2. Wärmetransport durch Konvektion

Da die Epidermis selbst nicht durchblutet ist,wird Wärme über diese kurze Entfernung nur durch Leitung transportiert.Überall sonst im Organismus überwiegt der konvektive Transport:Wärme wird mit dem Blutstrom vom Entstehungsort direkt zur Peripherie transportiert.

2.2.2.3. Wärmedurchgangszahl,Scheinleitfähigkeit

In der Praxis zeigte sich,daß es sinnvoll ist,den Wärmetransport pro Flächeneinheit Q sowohl durch Leitung als auch durch Konvektion senkrecht durch eine Gewebeschicht mit der Temperaturdifferenz t_1-t_2 zusammenzufassen in der Gleichung: $Q = k(t_1-t_2)$. k ist die Wärmedurchgangszahl (in cal $cm^{-2}s^{-1}\,{}^{o}C^{-1}$).

Sie wird im englischen Sprachgebrauch auch als "thermal conductance"(26),"effective thermal conductivity"(6),oder"physiological conductivity"(38) bezeichnet.1/k ist der Wärmedurchgangswiderstand.An die Stelle der Gewebeleitfähigkeit tritt die sogenannte"Scheinleitfähigkeit" Lambda(12),wobei gilt:Lambda=kX. X ist die Dicke der durchströmten Schicht(40).
Interessant sind die Verhältnisse an der Haut,wo durch Änderung der Durchblutung die Scheinleitfähigkeit um ein Vielfaches der reinen Wärmeleitfähigkeit geändert werden kann(40).

2.2.3. Hauttemperatur

Für eine bestimmte Stelle auf der Hautoberfläche folgt unter normalen Entwärmungsbedingungen aus obigen Ausführungen,daß ihre Temperatur um so niedriger liegt,je weiter sie vom homoiothermen Kern entfernt ist und je kleiner die jeweilige Wärmedurchgangszahl der Schale ist,welche wiederum von der augenblicklichen Durchblutung abhängt.

Da die Haut nicht Endpunkt des Wärmetransportes ist,sondern ihrerseits Wärme mit der Umgebung durch Leitung,Konvektion, Strahlung und Verdunstung austauscht,ist die Temperatur der Hautoberfläche auch abhängig von den Umgebungsbedingungen und von der Größe der für den Wärmeaustausch zur Verfügung stehenden Oberfläche relativ zum Volumen des Körperteils.Für annähernd zylindrische Körperteile gilt deshalb der Satz,daß,gleiche Wärmezufuhr pro Volumeneinheit vorausgesetzt,die Oberflächentemperatur um so niedriger ist,je kleiner der Radius(1,3).

2.2.4. Besonderheiten der Extremitäten

Die Hautdurchblutung ist an der gesamten Körperoberfläche variabel,besonders stark aber an den Extremitäten.An der Hand ändert sich die Durchblutung bei Kälte und Wärme wie 1:30(23,22),am Finger sogar bis maximal 1:600(40).Die Wärmedurchgangszahlen der Haut ändern sich dabei bis 1:7(7,9).

Die Extremitäten haben einen großen Oberflächen/Volumen-Quotienten und sind deshalb besonders gut für den Wärmeaustausch Hautoberfläche - Umgebung geeignet.
Zu diesen Besonderheiten der Extremitäten kommt noch ein drittes Prinzip,das dazu dient,bei Bedarf Wärme zu sparen: In den Extremitäten laufen arterielle und venöse Strombahn auf langer Strecke parallel.Es existiert daneben aber noch ein mehr an der Oberfläche gelegenes venöses Stromnetz,welches topographisch unabhängig von Arterien läuft.Je nach Bedarf werden (zur Steigerung der Wärmeabgabe) mehr die oberflächlichen Venen durchströmt,oder (um Wärme zu sparen)mehr die tiefen.Da das von der Peripherie in den tiefen Venen zurückfließende kältere Blut das arterielle Blut im Gegenstromprinzip vorkühlt,wird Wärme konvektiv zum Kern zurückgeführt ohne die Peripherie erreicht zu haben.Dieses Gegenstromprinzip ist um so wirksamer,je langsamer das Blut strömt und je tiefer die Raumtemperatur ist (3,30,34,43).

2.2.5 Abhängigkeit der Hauttemperatur von den Umgebungsbedingungen

2.2.5.1. Einfluß der Lufttemperatur

Mit steigender Umgebungstemperatur steigt auch die Hauttemperatur.Da die Kerntemperatur aber konstant bleiben soll,d.h.da trotz steigender Umgebungstemperatur die gleiche Wärmemenge über die Hautoberfläche abgegeben werden soll,folgt ein nicht lineares Ansteigen der Hauttemperatur.Durchblutungsregulation und dann einsetzende Schweißsekretion bewirken einen S-förmigen Verlauf ,wenn auf der Abszisse die Raumtemperatur und auf der Ordinate die Hauttemperatur aufgetragen wird.Der steile Teil des Hauttemperaturanstiegs liegt bei etwa 15-35 Grad C Raumtemperatur (1,S.46).Entsprechend der Zunahme der Durchblutungsvariabilität an den Extremitäten von proximal nach distal wird die Temperaturdifferenz zwischen proximalen und distalen Meßstellen mit steigender Temperatur kleiner.

2.2.5.2. Einfluß der Luftfeuchte

Auch unterhalb 34,8 Grad C mittlerer Hauttemperatur (1),bei der die glanduläre(=sensible) Schweißsekretion einsetzt,diffundiert Wasserdampf aus den Hautkapillaren durch die obersten Hautschichten.Diese sogenannte "Perspiratio insensibilis" folgt den Diffusionsgesetzen,d.h. ist abhängig von der Dampfdruckdifferenz Haut - Luft(40).Der Wärmeverlust durch Perspiratio insensibilis sollte demnach mit steigender Luftfeuchte abnehmen.Trotzdem scheint die Wasserabgabe nicht linear mit der Wasserdampfdruckdifferenz zu gehen.Als Erklärung nahm Aschoff eine variable Wasserdurchgangszahl der Haut an (1). In Klimakammerversuchen fand Kölsch für die akrale Hauttemperatur am Fuß ein statistisch gesichertes Zusammengehen mit der Luftfeuchte und zwar bei einer Versuchsperson mit 10°C/10 mmHg Dampfdruckdifferenz an der Zehe und 5°C/10mmHg am Fußrücken(37).Paeschke fand,daß die Temperaturen der Extremitäten bei allen Versuchspersonen bei erhöhter Raumfeuchte zum Anstieg neigten (39).

2.2.6. Tagesgang der Kern-und Hauttemperatur

Sowohl Kerntemperatur als auch Hauttemperatur zeigen einen ausgeprägten Tagesgang,dessen Form allerdings individuell verschieden sein kann (1).

Ab den frühen Morgenstunden bis zum Abend sinken die Hauttemperaturen bei leicht ansteigender Kerntemperatur ab (Aufheizeffekt).Am Abend geht der Aufheizeffekt relativ rasch in den Entwärmungseffekt über (19,32).Die Hauttemperaturen steigen an,die Kerntemperatur sinkt.Entsprechend der besseren Möglichkeit der Durchblutungsvariation an den distalen Extremitäten ist hier der Tagesgang besonders ausgeprägt.

2.3.Zur Wiedererwärmung am Bein nach einem definierten Kaltreiz.

Mit Hilfe der Wiedererwärmungsmessung lassen sich Aussagen über die Funktion der peripheren Arteriolen bzw.der vasomotorischen Funktionsbereitschaft machen (15,18,27,36,10,28).

Man bediente sich ihrer zu diagnostischen Zwecken,zur Verlaufskontrolle hydrotherapeutischer Kuren (15.18),zur Bestimmung

von individuellen Reaktionstypen (25,27,28,32),zur Untersuchung alters-und geschlechtsspezifischer Eigenheiten(33) und zur Erforschung der tageszeitlichen Änderung der Reaktionsbereitschaft der Vasomotoren (32).

2.4. Sonstige Einflüsse von Wetterelementen auf die periphere Durchblutung oder auf die Hauttemperatur

Speziell über einen Einfluß kurzzeitiger Temperatur-oder Feuchtereize auf die Hauttemperaturen bzw. auf die Wiedererwärmung nach einem Standardkaltreiz ist mir keine Arbeit bekannt.
Aschoff beschreibt die zeitliche Änderung der Hauttemperatur des Nackten beim Übergang von 22°C Raumtemperatur auf 15°C bzw. 50°C,wobei zum zeitlichen Verlauf zu sagen ist,daß sich die Hauttemperatur am Fuß beim Übergang auf 15°C erst nach etwa 2 Stunden,beim Übergang auf 50°C Raumtemperatur schon nach etwa 1 Stunde eingepegelt hat(1).Als Erklärung dürfte die Speicherwirkung des Gewebes dienen.
Kanz,Netzle und Dirnagl wiesen witterungsbedingte Kreislaufreaktionen im Bereich der Kapillaren durch kapillarmikroskopische Untersuchungen nach,wobei eine Korrelation zwischen der Strömungsgeschwindigkeit in den Kapillaren und der Lufttemperatur gefunden wurde (35).
Nach Assmann(4) haben Regli und Stämpfli bei Wetterstörungen eine gesteigerte Durchlässigkeit der Kapillaren gefunden(41).
Dirnagl fand sozusagen als Nebenprodukt einer Arbeit über die Wirkung von Kneippkuren(15,18) eine Abhängigkeit der Wiedererwärmungsgeschwindigkeit (2/3-Zeit der nach 7 Minuten erreichten Hauttemperatur) am Arm nach einem Kaltwasserreiz von der Außentemperatur(des Wetterablaufs),obwohl sich die Versuchspersonen etwa 40 Minuten vor den Messungen im klimatisierten Versuchsraum aufhielten.
Heipertz(29) fand einen deutlichen Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und Durchblutungszunahme der Haut nach Rubrimentsalbeneinreibung:Bei kalten Ausgangstemperaturen(14 °C)und einer Hauttemperatur unter 28 °C ließ sich keine durchblutungsfördernde Wirkung von Finalgon^{R}feststellen.Bei einer Raumtemperatur

von 23°C und einer Hauttemperatur von 30°C wurde nach einer Latenzzeit von wenigen Minuten eine Steigerung der Hautdurchblutung um das Fünffache des normalen Ausgangswertes beobachtet.

Fragestellung

Da über den Einfluß kurzzeitiger Klimaschwankungen auf den Organismus fast nichts bekannt ist,soll diese Arbeit dazu beitragen,speziell folgende Fragen aufklären zu helfen:

Zeigen die gewonnenen Daten Hinweise auf einen Einfluß kurzzeitiger Temperatur-und Feuchtereize?
Wenn ja,wie lange etwa hält deren Einfluß an bzw.wie lange ist er nachweisbar?
Ist in den Ergebnissen ein Tagesgang erkennbar und entspricht dieser dem Tagesgang,den andere Autoren fanden?
Ist die im folgenden Kapitel beschriebene Methodik praktikabel und sollte sie deshalb bei weiteren Bioklima-Raum-Versuchen wiederverwendet werden,oder sollte sie abgeändert werden?

Diese Fragen sollte ein 28 tägiger Dauerversuch in einem Bioklima-Raum beantworten,wobei 3 Versuchspersonen(VP) neben vielen anderen Untersuchungen auch die hier zu besprechenden durchführten.

3. Methodik

3.1. Allgemeine Organisation des 3.Klimakammerversuches

3.1.1. Vorbemerkung zur Auswahl der in dieser Arbeit besprochenen Meßgrößen

Wie bereits in der Einleitung erwähnt,gibt es bei der Erforschung des Wettereinflusses auf den Menschen zwei grundsätzliche Probleme,deren erstes durch den Bioklima-Raum teilweise gelöst wurde.Der komplexe Begriff "Wetter" kann durch definierte Einzelparameter ersetzt werden.
Das zweite Problem,nämlich die Schwierigkeit,den Wettereinfluß meßbar zu machen,wirft folgende Fragen auf:
In welchen physiologischen,meßbaren Größen wird sich ein Einfluß des Wetters bzw. in unserem Fall,von kurzzeitigen Temperatur-und Feuchtereizen am besten nachweisen lassen?Was soll man messen und was ist im Rahmen eines Dauerversuchs überhaupt meßbar?Wie oft am Tag kann und soll eine gleiche Messung wiederholt werden,um über die Einflußdauer eines kurzzeitigen Klimareizes eine Aussage machen zu können?

Dem Wunsch,möglichst verschiedenartige physiologische Untersuchungen möglichst oft durchzuführen,standen folgende Einschränkungen gegenüber:
Da die Reizstärke eines kurzfristigen Temperatur-bzw.Feuchtereizes, der etwa in der Größenordnung liegen sollte,wie er bei uns im Sommer auch im natürlichen Wetterablauf vorkommen kann,keineswegs bekannt war und anhand früherer Untersuchungen des Instituts (vor allem Klimakammerversuch 1 und 2) nur abgeschätzt werden konnte,verboten sich solche physiologischen oder biochemischen Untersuchungen,die selbst möglicherweise einen größeren Reiz setzen würden als der zu untersuchende Klimareiz,der dadurch völlig verdeckt hätte werden können. Aus diesem Grund wurden z.B. tägliche Blutentnahmen an den Versuchspersonen(VP) abgelehnt. Die VP sollten einen möglichst gewohnten und normalen,über die

gesamte Versuchsdauer stereotypen Tagesablauf haben.Die tägliche Meßarbeit durfte für die VP keine allzugroße physische oder psychische Belastung darstellen,welche,da ungewohnt,den Klimareiz hätte ebenfalls verdecken können.
So wurde jede für eine Untersuchung in Erwägung gezogene pysiologische Größe konkret an folgenden Kriterien gemessen:

1) Kann sich in ihr ein Klimaeinfluß überhaupt zeigen?
2) Wie groß ist die Belastung der VP durch die Untersuchung?
3) Kann die Messung schnell genug (d.h.in der Größenordnung von Minuten) durchgeführt werden?
4) Ist sie von den VP selbst durchzuführen oder benötigen sie dazu Hilfe von außen?
5) Ist der apparative Aufwand am Untersuchungsort selbst (d.h. im Bioklima-Raum) nicht zu groß?

Die Messung der Hauttemperaturen und der Wiedererwärmung am Bein nach einem standardisierten Kaltwasserfußbad entsprach diesen Kriterien recht gut,zumal sie schon in den beiden vorangehenden Klimakammerversuchen erprobt worden war.

Bei all diesen Überlegungen darf man nicht übersehen,daß sich eine Beeinflussung der VP durch nicht gewollte Faktoren nie ganz verhindern läßt,daß diese aber klein gehalten werden kann, wenn die Störfaktoren so gut es geht ausgeschaltet werden und wo dies nicht möglich ist,konstant über die gesamte Versuchsdauer gehalten werden.
Der Fragestellung im Klimakammerversuch entsprechend kommt es uns ja weniger auf die Messung absoluter physiologischer Grössen an,sondern auf relative Änderungen,bewirkt durch Klimareize. So war oberstes Gebot ein über die gesamte Versuchsdauer,abgesehen von den Klimareizen,stereotyper Tagesablauf.

3.1.2. Der Bioklima-Raum

Der Bioklima-Raum ist ein 3,30 m x 4,50 m (15qm) großer Raum, welcher nur vom Gang her durch eine Schleuse betreten werden kann.

Ein doppelt verglastes kleines Fenster verbindet den Raum optisch und eine Wechselsprechanlage akustisch mit dem benachbarten Geräteraum,in dem alle für die Durchführung des Versuches notwendigen Aufzeichnungsgeräte untergebracht waren.An den Geräteraum schließt sich ein (eigentlich für andere Zwecke gebauter) Versuchsbaderaum mit Duschmöglichkeit an.Zum Bioklima-Raum gehört ferner ein Wasch-und Toilettenraum(mit den gleichen klimatischen Bedingungen),welcher von der Schleuse aus betreten wird. Bioklima-Raum,Geräteraum und Versuchsbad sind unabhängig voneinander künstlich klimatisierbar,d.h.Lufttemperatur und Luftfeuchte können(in gewissen Grenzen)unabhängig voneinander variiert werden. Die ins Freie gehenden Fenster vom Geräteraum und vom Versuchsbad waren durch lichtundurchlässige und schallisolierende Jalousetten verschlossen.Im Bioklima-Raum,der keine Fenster ins Freie hat,wurden tagsüber drei Fensterattrappen von Xenonhochdrucklampen indirekt angestrahlt,so daß der Eindruck eines Sonnentages entstand.Elektromagnetische Wellen werden bis zum Dezimeterbereich abgeschirmt.Der Luftdruck entsprach dem des natürlichen Wetterablaufs zur Versuchszeit.

Die Einrichtung des Bioklima-Raumes wurde so gewählt,daß drei VP auf relativ engem Raum möglichst zweckentsprechend und bequem leben konnten.Neben dem optischen und wenn notwendig akustischen Kontakt zum Versuchsleiter im Geräteraum standen den VP als Kontakt zur Außenwelt und zur Unterhaltung ein Tonbandgerät,Radio,Fernsehen,Zeitungen,Bücher und abends ein Telephon zur Verfügung.

3.1.3. Die Versuchspersonen (VP)

VP waren drei befreundete Medizinstudenten,die dem leptosomen Typ am nächsten kamen.VP 2 und 3 waren während der gesamten Versuchsdauer gesund.VP 1 mußte wegen Zahnschmerzen ein Antibiotikum(Sobelin) einnehmen und bekam ab dem 13.Versuchstag leichte Diarrhoen.

3.1.4. Klimaverhältnisse

Im Bioklima-Raum herrschte während der gesamten Versuchsdauer ein konstantes Klima mit einer Lufttemperatur von 21°C und einer Luftfeuchtigkeit von 60 %,abgesehen von den geringen tagesperiodischen Schwankungen (nachts kälter,tags wärmer) von ± 1°C bzw.± 5 %.
Die Temperatur-bzw.Feuchtereize im Versuchsbad und im Geräteraum schwankten zwischen 14,6°C und 29,2°C bzw. zwischen 63% und 88%.(siehe Abb.1).

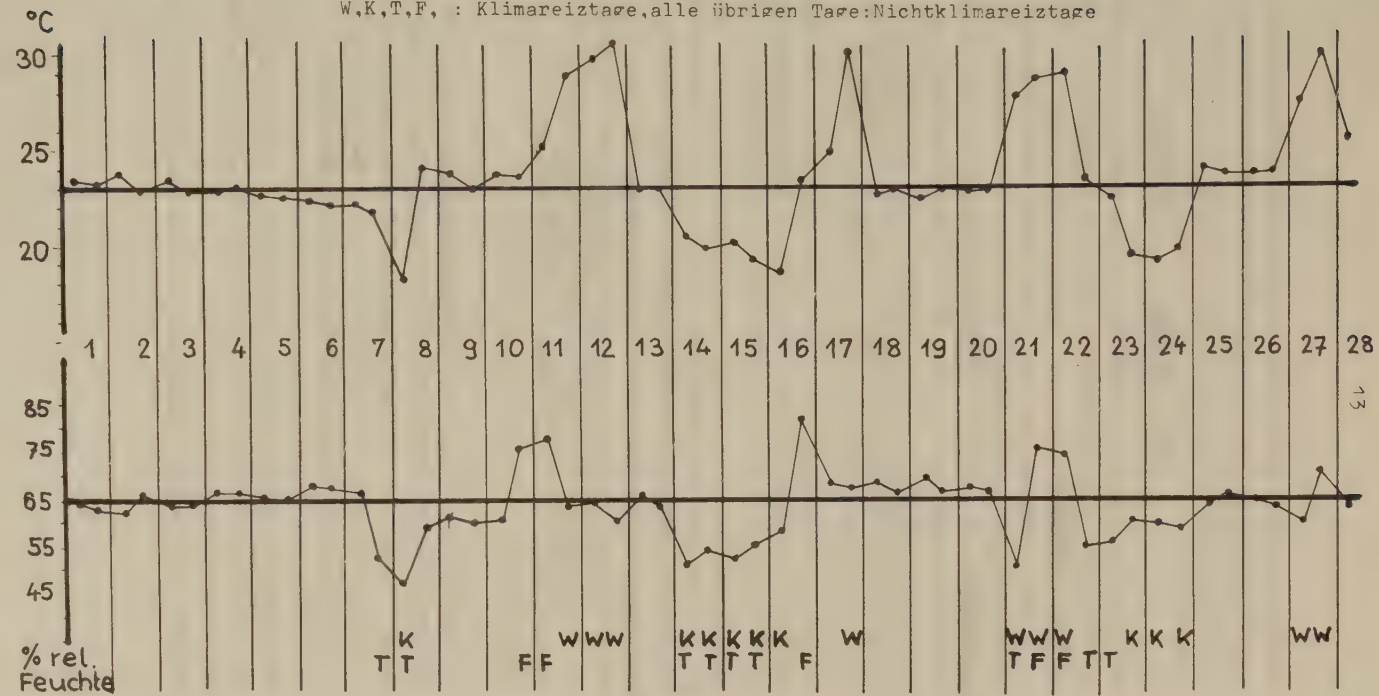
3.1.5. Durchführung des Versuches

Zur Eingewöhnung schliefen die drei VP schon zwei Nächte vor dem am 9.3.73 beginnenden Versuch im Bioklima-Raum. Einen Tag vor Versuchsbeginn wurde die für die Durchführung des Versuches notwendige Teamarbeit eingeübt.Der Versuch begann mit der Nacht zum 9.3.73 und endete nach dem Frühstück des 29.Versuchstages am 6.4.73. Somit standen 28 ganze Versuchstage zur Verfügung.

Während bei den ersten beiden Klimakammerversuchen die VP den Bioklima-Raum nicht verlassen durften und sich verschiedene Klimaperioden abwechselten,blieben bei unserem Versuch die klimatischen Bedingungen im Bioklima-Raum konstant.Die VP verließen den Bioklima-Raum jeweils zum Frühstück und zum Abendessen für eine Stunde,während der sie sich im Geräteraum aufhielten.Bei dieser Versuchsanordnung hatten die VP ausserdem zum ersten Mal Gelegenheit,vor dem Frühstück 10 bis 15 Minuten im Versuchsbad zu duschen.Die Wassertemperatur der Dusche betrug vom 1.bis 5.Tag 37°C und wurde dann bis Versuchsende konstant auf 35°C eingestellt.

Zum Frühstück und zum Abendessen im Geräteraum wirkte auf die VP entweder ein oder kein Klimareiz ein.D.h.entweder entsprachen die klimatischen Bedingungen im Geräteraum und Versuchsbad genau

Abb.1
Lufttemperatur und Luftfeuchte beim Frühstück und Abendessen im Geräteraum
W,K,T,F, : Klimareiztage,alle übrigen Tage:Nichtklimareiztage



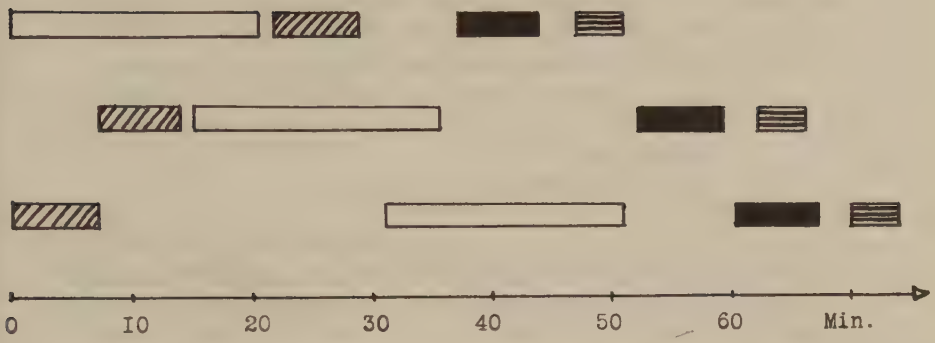
denen im Bioklima-Raum(=kein Reiz),oder sie unterschieden sich hinsichtlich Temperatur oder/und Feuchtigkeit(=Klimareiz). Die VP wußten nicht,welche klimatischen Bedingungen sie jeweils erwarteten.

Die spezielle Versuchsanordnung mit dem täglich zweimaligen Verlassen des Bioklima-Raumes entsprang folgenden drei Überlegungen:
1) Es sollte der Tagesablauf eines arbeitenden Menschen simuliert werden,der gewöhnlich auf dem Weg von und zur Arbeit dem Wetter ausgesetzt ist(und seine "Klimareize"empfängt),während seine Wohnung und sein Arbeitsplatz den Wetterschwankungen nur wenig ausgesetzt sind.Gerade diese Menschen und nicht diejenigen,welche dauernd dem Wetter ausgesetzt und deshalb abgehärtet sind, klagen ja besonders häufig über Wetterfühligkeit(17)!
2) Ein Klimasprung,wie er z.B.beim Verlassen der Wohnung auftritt,ist im gleichen Raum technisch nur sehr schwierig zu realisieren,stößt aber bei unserer Versuchsanordnung auf keine Schwierigkeiten.
3) Durch das täglich zweimalige Verlassen des für 3 VP doch relativ engen Bioklima-Raumes entstand (im Gegensatz zu den vorausgegangenen Klimakammerversuchen) bei keiner VP je das Gefühl, eingeschlossen zu sein oder nicht hinaus gehen zu können.Auch das Duschen,das den VP der vorausgegangenen Versuche doch recht gefehlt hatte,ließ sich so gut durchführen und bildete,wie sich zeigte,täglich eine willkommene Abwechslung.

Im Gegensatz zu der neuen Versuchsanordnung behielt man bereits Bewährtes bei.So wurden sämtliche Untersuchungen wieder in 5 gleiche Meßblöcke pro Tag zusammengefaßt.Die Zahl 5 hatte sich als guter Kompromiß erwiesen zwischen dem Wunsch nach möglichst vielen Messungen und der Gefahr,die VP zu überfordern.

Zeitpunkt und Dauer eines Turns(=Meßblock),bzw. die Reihenfolge der einzelnen Aufgaben innerhalb eines Turns zeigt am besten die Abb.2.
Wie man sieht,waren während eines Turns immer 2 VP mit Messungen

Abb.2 Ablauf eines Turns



Von oben nach unten: VP I,2,3

Hauttemperaturmessung vor und nach dem Kaltwasserfußbad, Rektal,-Sublingualtemperaturmessung, Schellongtest, Atemgasanalyse.

verschiedene psychologische Tests

Ergometrie

Muskelkoordinationstest

beschäftigt.Die 3.VP hatte die Aufgabe,den gerade beschäftigten behilflich zu sein.

Die Reihenfolge der einzelnen Messungen im Turn war so gewählt, daß sie1) für jede VP möglichst gleichartig war,
2) sich eine gegenseitige Beeinflussung der Messungen auf ein Minimum reduzierte (so wurde z.B. ein Ergometrieversuch erst nach der Temperaturmessung durchgeführt) und
3) ein Turn so kurz als möglich wurde.

Um für alle 5 Turns gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen, wurde vor jeden Turn eine Mahlzeit mit anschließender Erholungspause gelegt.Es ergab sich somit folgender stereotype Tagesablauf:

6.45	Aufstehen
7.00	Turn 1
8.30	Duschen im Versuchsbad,anschließend Frühstück im Geräteraum.Dabei eventuell Klimareiz.
9.30	Beginn mit Turn 2 im Bioklima-Raum
11.30	Mittagessen
12.30	Turn 3
14.00	Nachtisch
14.30	Turn 4
16.00	Tee-bzw.Kaffeepause
17.00	Turn 5
18.30	Abendessen im Geräteraum.Dabei eventuell Klimareiz.
19.30	Freizeit im Bioklima-Raum bis etwa
22.30	Schlafen

Für die VP war stets einer von drei Versuchsleitern,ebenfalls Medizinstudenten,erreichbar.Sie hielten sich gewöhnlich im Geräteraum auf,wo sie während der Turns die Aufzeichnungsgeräte aus-und einschalteten.

Essen und Trinken unterlag mit Ausnahme von Stoffen (wie z.B. Alkohol),welche die gleichzeitig durchgeführten Urinanalysen gestört hätten,keiner Beschränkung.Die Trinkmengen wurden aber

ebenfalls wegen der Urinanalysen über die gesamte Versuchsdauer konstant gehalten.Alle VP waren Nichtraucher.Ihre Bekleidung bestand tagsüber aus kurzen Turnhosen,leichtem Hemd und Sandalen.Wegen der kühleren Abende wurde nach dem Abendessen meist eine lange Hose und ein Pullover angezogen.

3.2. Spezielle Methodik

3.2.1. Temperaturmessung

Der Zeitpunkt der Temperaturmessung für jede VP geht aus dem Turnplan (Abb.2)hervor.
Die Hauttemperatur des rechten Beines an Wade,Fußrücken und Unterseite des großen Zehes wurde stets genau über der gleichen Stelle,die anfänglich durch ein Kreuzchen besonders gekennzeichnet war,mit Konstantan-Manganin-Thermoelementen gemessen und gleichzeitig nach Vergleich mit einem Thermostaten (34°C)als Gegenelement mittels eines Zwölfpunkteschreibers im Geräteraum aufgezeichnet.Jede Meßstelle hatte ihren eigenen Meßfühler, welcher vor Beginn der Messung,d.h. vor Einschalten des Zwölfpunkteschreibers ,an der Meßstelle mit einem Klettband locker der Haut anliegend befestigt wurde.Die Meßfühler wurden insgesamt 8 mal geeicht und verhielten sich im Bereich von 14°C-36°C proportional.
Es wurde 3 Minuten lang im Liegen gemessen.

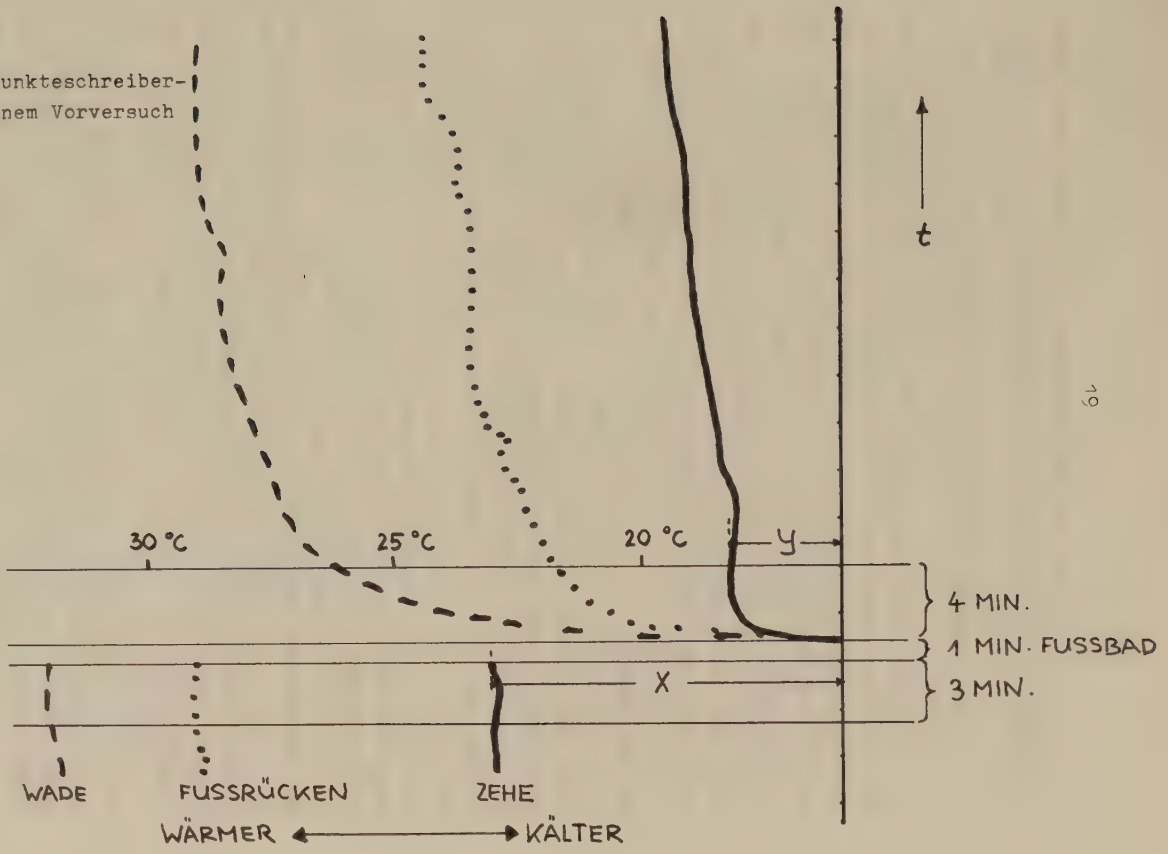
3.2.2. Wiedererwärmung

Nach der dreiminütigen Hauttemperaturmessung setzte sich die VP etwas auf und tauchte das rechte Bein etwa 35 cm tief in ein bereitstehendes Wasserbad.Die Hauttemperaturmessung lief dabei weiter.Als Wasserbad diente eine einfache Plastikfußbadewanne. Das Wasser wurde durch eine Kupferrohrkühlspirale auf gleicher Temperatur gehalten. Die Wassertemperatur betrug anfangs 10°C, ab dem 3.Versuchstag 13°C.Die Konstanz der Wassertemperatur wurde durch tägliche Stichproben kontrolliert.

Die Erhöhung der Wassertemperatur ab dem 3.Tag war notwendig geworden,da VP 1 schon nach kurzer Eintauchzeit über heftige Schmerzen im rechten Bein klagte.Offenbar war bei VP 1 die Schmerzschwelle bei 10°C schon überschritten.Aus dem gleichen Grund wurde für VP 1 ab dem 3.Tag auch die Eintauchzeit auf 45 Sekunden verkürzt.Für VP 2 und 3,denen das kalte Wasser keine Schmerzen verursachte,blieb sie auf genau 60 Sekunden. Nach dieser Zeit wurde das Bein aus dem Wasser genommen,sofort mit einem Handtuch kurz abgetupft und mit einer dünnen Wolldecke lose zugedeckt,um Meßfehler durch Verdunstungskälte der noch feuchten Meßstellen möglichst klein zu halten.Dabei half die gerade unbeschäftigte VP (siehe Turnplan),die auch darauf zu achten hatte,daß das Bein stets in gleicher Weise(z.B.gleich hoch herauf) zugedeckt war.Ab dem Zeitpunkt des Austauchens blieb der Zwölfpunkteschreiber noch mindestens 4 Minuten eingeschaltet.In dieser Zeit atmete die VP im Liegen und möglichst entspannt für Gasanalysen in einen Douglassack.Danach wurde der Zwölfpunkteschreiber vom Versuchsleiter abgeschaltet,die Meßfühler wurden vom Bein genommen und die Liege für die nächste VP freigemacht.

Anfangs auftauchende Bedenken,ob das Zudecken des Beines die Wiedererwärmung nicht zu sehr beeinflusse,wurden zugunsten der oben erwähnten Einwände für das Zudecken hintangestellt.Es kam uns ja vorwiegend auf relative Schwankungen der Meßwerte an, so daß ein systematischer Fehler in Kauf genommen werden konnte, wenn er klein genug und vor allem bei allen VP und über die gesamte Versuchsdauer konstant war.

Abb.3
Kopie vom Zwölfpunkteschreiber-protokoll aus einem Vorversuch an VP 3



4. Auswertung der Zwölfpunkteschreiberprotokolle

4.1. Auswertungsgang bis zu den Residuen der Wiedererwärmung

Das Zwölfpunkteschreiber-Protokoll diente als Ausgangspunkt der weiteren Auswertung. Die Abb.3 zeigt eine vom Original abgezeichnete Temperaturmessung,welche in einem Vorversuch an VP 3 entstand.Es wurde in gleicher Weise verfahren,wie im eigentlichen Versuch,aber an Stelle von nur 4 Minuten wurde die Wiedererwärmung 35 Minuten lang aufgezeichnet.Das Protokoll ist von unten nach oben zu lesen.Wie man sieht,verlaufen die 3 Meßgrößen Wade,Fußrücken,Zehe vor dem Kaltwasserbad annähernd parallel zum rechten Protokollrand.Der Abstand zu diesem ist proportional der Temperatur an den Meßstellen.
Gleichzeitig mit dem Eintauchen des Beines ins kalte Wasser gehen die Kurven zum rechten Protokollrand,zum Zeichen dafür, daß jetzt die Wassertemperatur gemessen wird,die aber gerade nicht mehr im Bereich des Schreibers liegt.Nach einer Minute erscheinen die Kurven wieder im Protokoll,da jetzt das Fußbad beendet ist.Sie steigen von rechts nach links an,die Meßgröße mit der höchsten Ausgangstemperatur am schnellsten.Nach einer Phase des eher schnellen Ansteigens folgt ein langsameres Ansteigen,wobei im Beispiel die Ausgangstemperatur nach 35 Minuten von keiner Meßgröße erreicht wird.
Die Grenze zwischen schnellem und langsamen Temperaturanstieg läßt sich nicht scharf ziehen.Man kann sie aber bei der Meßstelle mit niedrigerer Ausgangstemperatur zeitlich früher erkennen (nach ca.2 Minuten),als bei der Meßstelle mit höherer Ausgangstemperatur (Fußrücken:ca.3 Min.,Wade:ca.4-5 Min.).

Für jede VP und jeden Turn stand ein solches,allerdings insgesamt nur 8 Minuten aufgezeichnetes Protokoll zur Verfügung. Jedem dieser Protokolle wurden pro Meßgröße zwei Werte entnommen:1)der Abstand der Kurve vom rechten Protokollrand vor dem Eintauchen (X)
2)der Abstand vom rechten Rand genau 5 Minuten nach dem Eintauchen des Beines,bzw.4 Minuten nach dem Austauchen (Y),erkennbar am typischen Kurvenverlauf.

Beide Werte wurden auf Lochkarten dokumentiert,um für die weitere Auswertung auch die Hilfe des Computers in Anspruch nehmen zu können.
Die in Millimeter abgelesenen Werte wurden in Grad Celsius umgerechnet und in ihrem Verlauf von Turn zu Turn und von Tag zu Tag graphisch aufgetragen(siehe Ergebnisse in Form von Listen und graphischen Darstellungen).
Was bedeuten die beiden Werte?
Der erste Wert ist ganz einfach die Hauttemperatur der betreffenden Meßstelle zum Zeitpunkt der Messung.
Der zweite Wert ist nicht ganz einfach zu interpretieren.Er ist zunächst einmal die Hauttemperatur der betreffenden Meßstelle genau 4 Minuten nach dem Kaltwasserfußbad.Gleichzeitig ist er ein Maß für die Wiedererwärmung,denn er ist um so größer,je besser oder je schneller die Meßstelle nach dem Abkühlen wiedererwärmt,d.h.in ihn gehen(für jede Meßstelle wohl mit unterschiedlichem Anteil) sowohl die Güte der Wiedererwärmung als auch die Geschwindigkeit der Wiedererwärmung ein.
Sowohl Ausgangstemperatur als auch Wiedererwärmungstemperatur sollten auf ihren Tagesgang und auf ihre Beeinflußbarkeit durch Klimareize untersucht werden.

Schon bei kurzer Betrachtung der Temperaturverläufe erkennt man einen annähernd parallelen Verlauf von Ausgangstemperatur und Wiedererwärmungstemperatur.Um nicht die gleiche Information zweimal auszuwerten,wurde deshalb die Beziehung zwischen Ausgangstemperatur und Wiedererwärmungstemperatur untersucht.
Trägt man in einem Diagramm die Ausgangstemperatur gegen die Wiedererwärmungstemperatur(=Hauttemperatur 4 Minuten nach dem Bad)auf und macht man dies getrennt für alle Turns,so sieht man,daß die 84 Punkte(3VPx28 Tage) im Diagramm annähernd um eine Gerade streuen.Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten zwischen den beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Bad und den Standardabweichungen der beiden Temperaturen läßt sich die Steigung b dieser sogenannten Regressionsgeraden errechnen.Setzt man die Mittelwerte ein,erhält man die Achsenabschnitte.
Von den 2 möglichen Regressionsgeraden wurde diejenige bestimmt,

für die gilt,daß auf ihr für jeden Ausgangstemperaturwert der rechnerisch dazugehörige mittlere Wiedererwärmungswert liegt. Die Abstände der zu jeder Ausgangstemperatur gehörigen Wiedererwärmungstemperatur von dieser Regressionsgeraden werden als Residuen bezeichnet.Man kann die Residuen erneut in ihrem Verlauf von Turn zu Turn graphisch auftragen.
Die Residuen sind gewissermaßen ein Maß für die "relative" Wiedererwärmung,da sie von den Ausgangstemperaturen im Mittel unabhängig sind.Ist die Wiedererwärmungstemperatur höher als ihrer Ausgangstemperatur nach erwartet,so liegt der Punkt über der Nullachse und umgekehrt.Die Abstände der Punkte von der Nullachse(=Residuen) sind somit ein Maß für die Über-bzw.Unterschreitung der,ihrer Ausgangstemperatur nach erwarteten Wiedererwärmungstemperatur.
Aus den Ausgangstemperaturen,Wiedererwärmungstemperaturen und Residuen wurden verschiedene Mittelwerte errechnet,welche bei den Ergebnissen aufgeführt sind.
Als Grundlage der Residuen diente zur Beurteilung der Klimaeinflüsse eine Regressionsbeziehung,die für VP und Versuchstage gemeinsam,aber getrennt nach Turns errechnet wurde.Zur Beurteilung des Tagesganges diente eine Regressionsgerade,die über alle Tage und Turns,aber getrennt nach VP und Meßgrößen errechnet wurde.

4.2. Auswertung der Klimareizeinflüsse

Um Aussagen über Klimaeinflüsse machen zu können,ist es notwendig,verschiedene Kurvenabschnitte miteinander zu vergleichen.Dies kann einmal durch einfaches Betrachten der graphischen Darstellungen geschehen.Es zeigte sich jedoch schnell,daß man so nicht vorwärts kam,weil z.B. bei einem bestimmten Klimareiz die Kurve anstieg und ein zweites Mal beim identischen Reiz abfiel.

Im Gegensatz zu früheren Arbeiten(Kölsch,Paeschke),die vor einem ähnlichen Problem standen,wurde hier ein neuer Weg gewählt,um die Ausgangstemperaturen und die Residuen auf ihre Beeinflußbarkeit durch Klimareize zu untersuchen.
Sämtliche 141 Punkte der zeitlichen Verläufe(5 Turns x 28 Tage +1 Turn) wurden 3 Bereichen zugeordnet,deren Grenzen so gewählt wurden,daß in jedem Bereich etwa gleich viele Punkte vertreten sind.Die Bereiche wurden mit den Symbolen"+,O,-" bezeichnet. Nach zwei Kriterien erhielt jeder Punkt der Kurve je eines der Symbole,nämlich einmal nach seiner relativen Lage zum Mittelwert aller Punkte und zum zweiten relativ zur Lage des vorausgehenden Punktes.Für Turn 1 war dies der Turn 5 des Vortages.

\+ bedeutet: Punkt liegt über dem Mittelbereich aller Punkte bzw. höher als der Punkt des Vorturns.
O bedeutet: Punkt liegt im Mittelbereich aller Punkte bzw.etwa gleich hoch wie der Punkt des Vorturns.
\- bedeutet: Punkt liegt unter dem Mittel aller Punkte bzw. unter dem Punkt des Vorturns.

Die Grenzen des Mittelbereichs wurden wie folgt festgelegt:

Ausgangstemperaturen:

Symbole relativ zum Mittel:	Wade Mittel	$\pm$ 0,2 °C
	Fußr. Mittel	$\pm$ 0,5 °C
	Zehe Mittel	$\pm$ 0,6 °C
Symbole relativ zum Vorturn:	Wade Vorturn	$\pm$ 0,25°C
	Fußr.Vorturn	$\pm$ 0,5 °C
	Zehe Vorturn	$\pm$ 0,6 °C

Residuen:

Symbole relativ zum Mittel:	Wade Mittel	$\pm$ 0,25°C
	Fußr. Mittel	$\pm$ 0,5 °C
	Zehe Mittel	$\pm$ 0,5 °C
Symbole relativ zum Vorturn:	Wade Vorturn	$\pm$ 0,25°C
	Fußr.Vorturn	$\pm$ 0,5 °C
	Zehe Vorturn	$\pm$ 0,5 °C

Gleiche Symbole wurden in Listen zusammengefaßt,getrennt nach Klimareizen.Als Klimareiz für Turn 1 galt das Klima beim Abendessen des Vortages,für Turn 2 bis 5 das Klima beim Frühstück des gleichen Tages.
Als Klimareiz wurde gewertet,wenn sich das Klima im Geräteraum von dem im Bioklima-Raum bezüglich Temperatur oder Feuchtigkeit unterschied,wobei diese Klimareize aber noch durchaus in der Größenordnung liegen,wie sie auch bei uns im Sommer im natürlichen Wetterablauf vorkommen(siehe Abb.1).
Insgesamt gab es beim Frühstück:

4 Warmreize (W)
5 Kaltreize (K)
5 Trockenreize (T)
2 Feuchtreize (F)
16 Tage ohne Klimareiz(Ø)

beim Abendessen:

5 Warmreize
4 Kaltreize
4 Trockenreize
3 Feuchtreize
14 Tage ohne Klimareiz

Aus den 3 Symbolen wurden nun zwei verschiedene Quotienten gebildet,nämlich +/- und O/Summe aus + und - (O/+-).
Der Quotient +/- sagt aus,ob ein Punkt der Kurve an bestimmten Tagen öfter über als unter dem Mittelwert(bzw.Vorturn) gelegen ist oder umgekehrt.
Der Quotient O/+- sagt aus,ob die Punkte an bestimmten Tagen labiler als an anderen Tagen sind.Dieser zweite Quotient ist insofern notwendig,als manche Autoren(4,44) feststellten,daß z.B. beim Blutdruck sich ein Wettereinfluß weniger in einer bestimmten Richtungsänderung sondern vielmehr in einer erhöhten Labilität der Meßgrößen bemerkbar machen kann.

Um eine Aussage machen zu können,wie abhängig die 3 Meßgrößen bzw.die 3 VP voneinander sind,wurde ausgezählt,wie häufig sich

alle,oder jeweils 2 der 3 Meßgrößen bzw.VP gleich verhielten. Bei der Auflistung wurden die Warm-und Kaltreize zu Temperaturreizen,die Trocken-und Feuchtreize zu Luftfeuchtereizen zusammengefaßt.Gleiches Verhalten heißt:Alle 2 bzw.3 Meßgrößen bzw.VP haben das gleiche Symbol.Es wurden wieder Quotienten gebildet aus gleichem (Zähler) und verschiedenem(Nenner) Verhalten.

Als Ergebnis dieser Arbeit liegen somit folgende graphische Darstellungen und Listen vor:

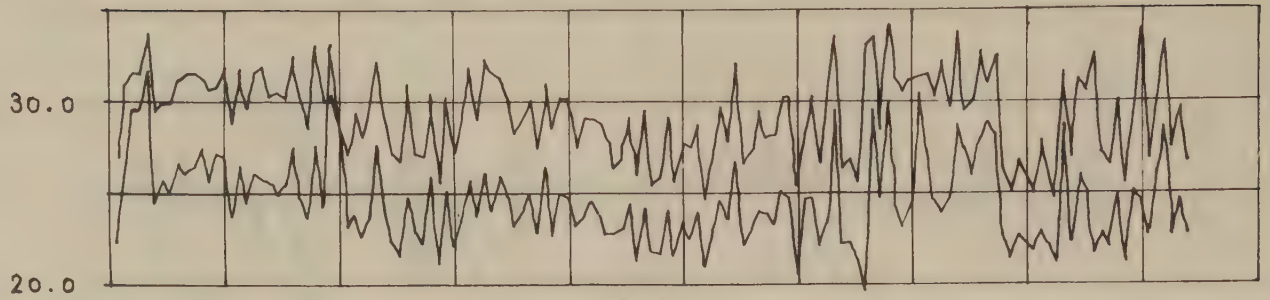
1) Die Temperaturverläufe von Turn zu Turn vor und nach dem Kaltwasserfußbad über 28 Versuchstage. (S.27-31)
2) Die Residuenverläufe über 28 Versuchstage (S.32-40)
3) Die Listen der Symbole +,C,- und die graphische Darstellung der Quotienten (S.41-49)
4) Die Listen der Quotienten aus gleichem und verschiedenem Verhalten der Meßgrößen und VP (S.50-55)
5) Die aus den Rohdaten errechneten Mittelwerte,Standardabweichungen,Maxima,Minima,Spannweiten,Korrelationskoeffizienten, Regressionskoeffizienten,Residuenmittelwerte. (S.56-63)

5. Ergebnisse(in Form von graphischen Darstellungen und Listen)

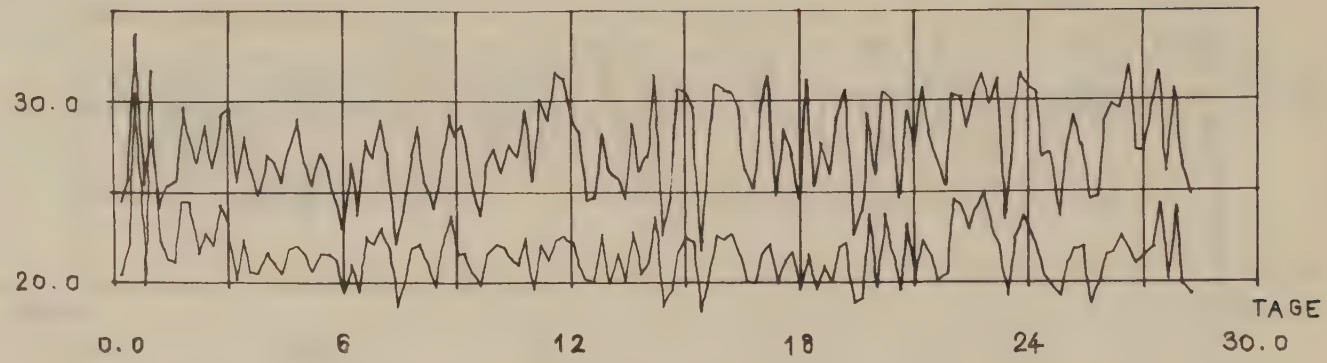
GRAD C

V.P. 1 ZEHE

Hauttemperaturen vor und nach dem Fußbad
zeitlicher Verlauf über die gesamte Versuchsdauer

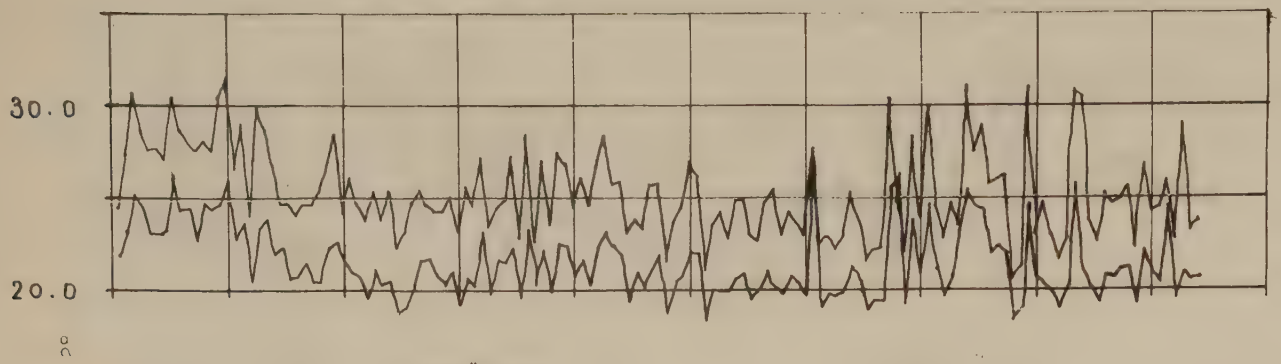


V.P. 2 ZEHE

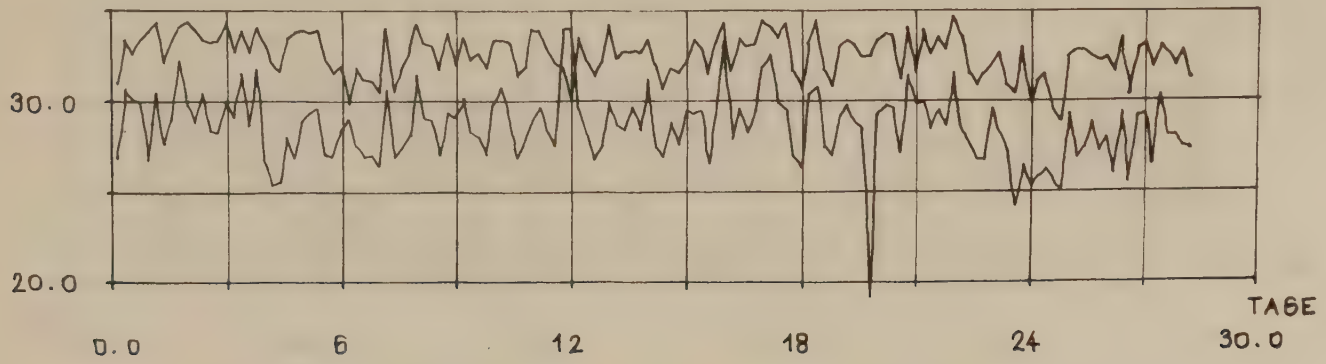


GRAD C

V.P. 3 ZEHE

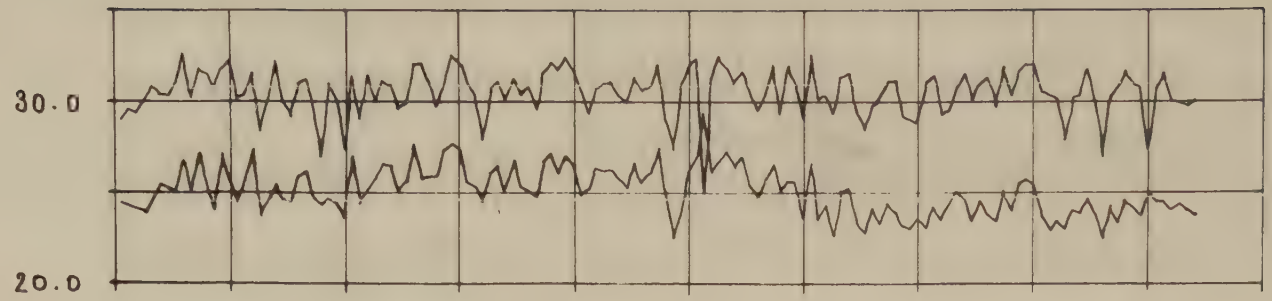


V.P. 1 FUßRÜCKEN

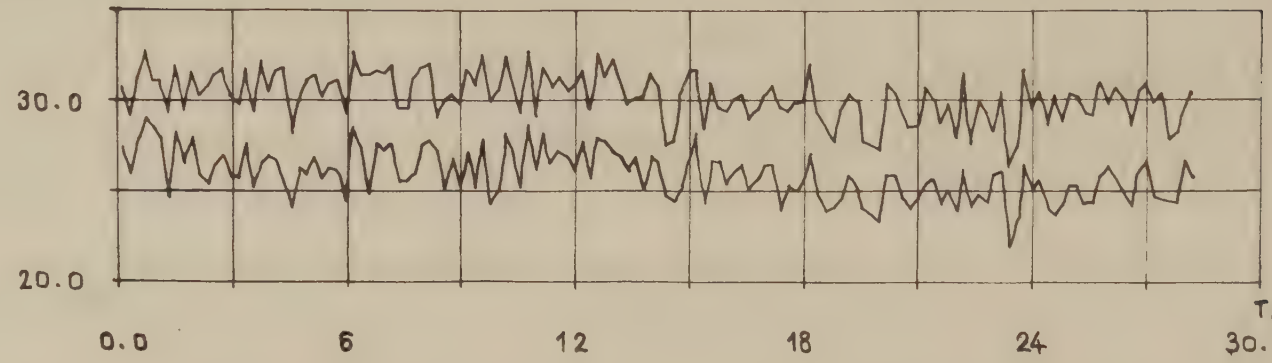


GRAD C

V.P. 2 FUßRÜCKEN

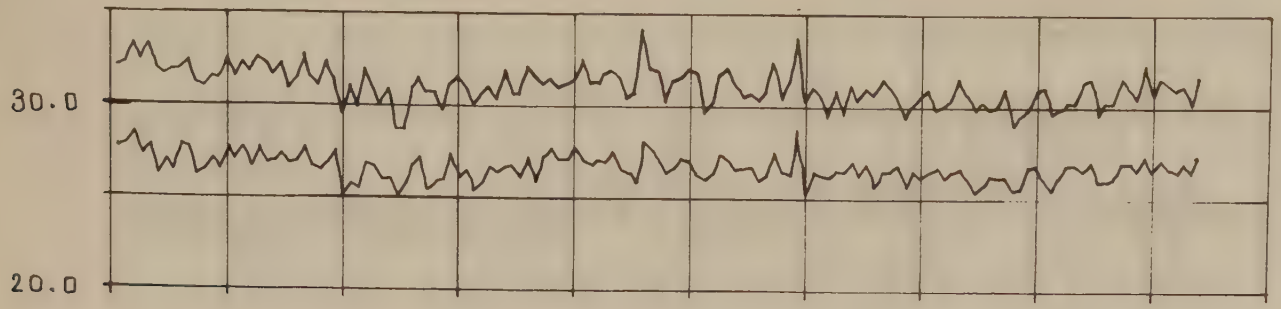


V.P. 3 FUßRÜCKEN

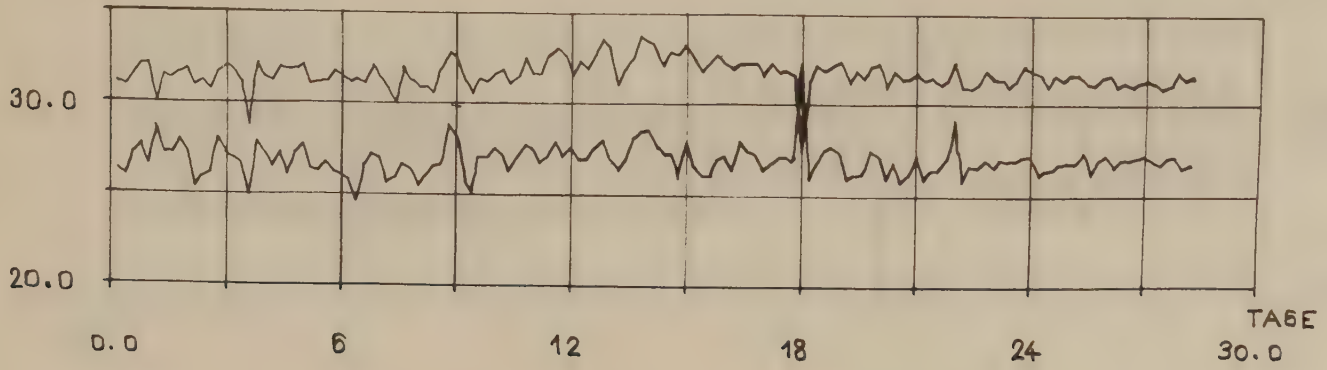


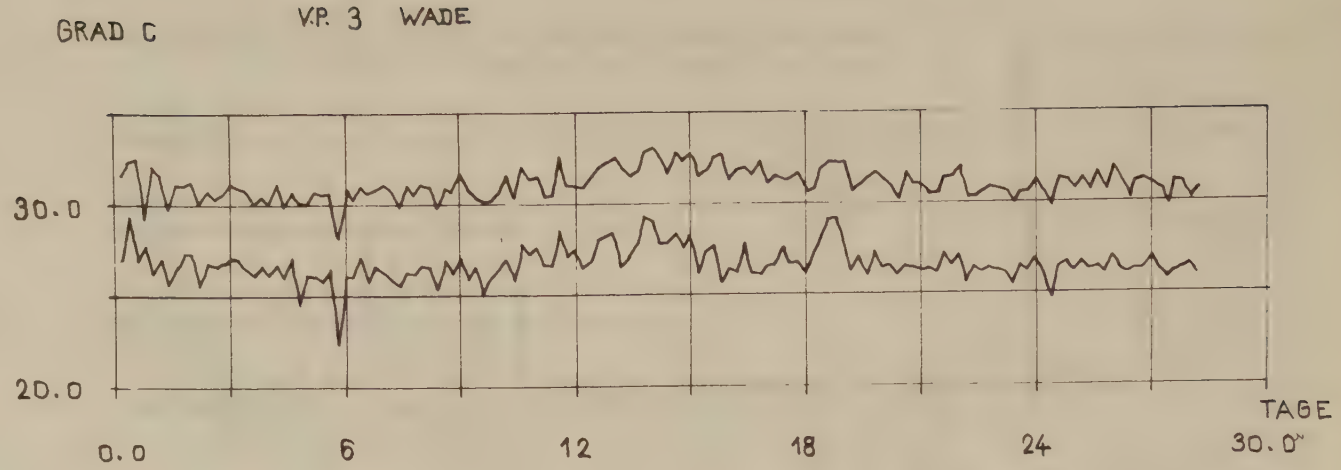
GRAD C

V.P. 1 WADE



V.P. 2 WADE

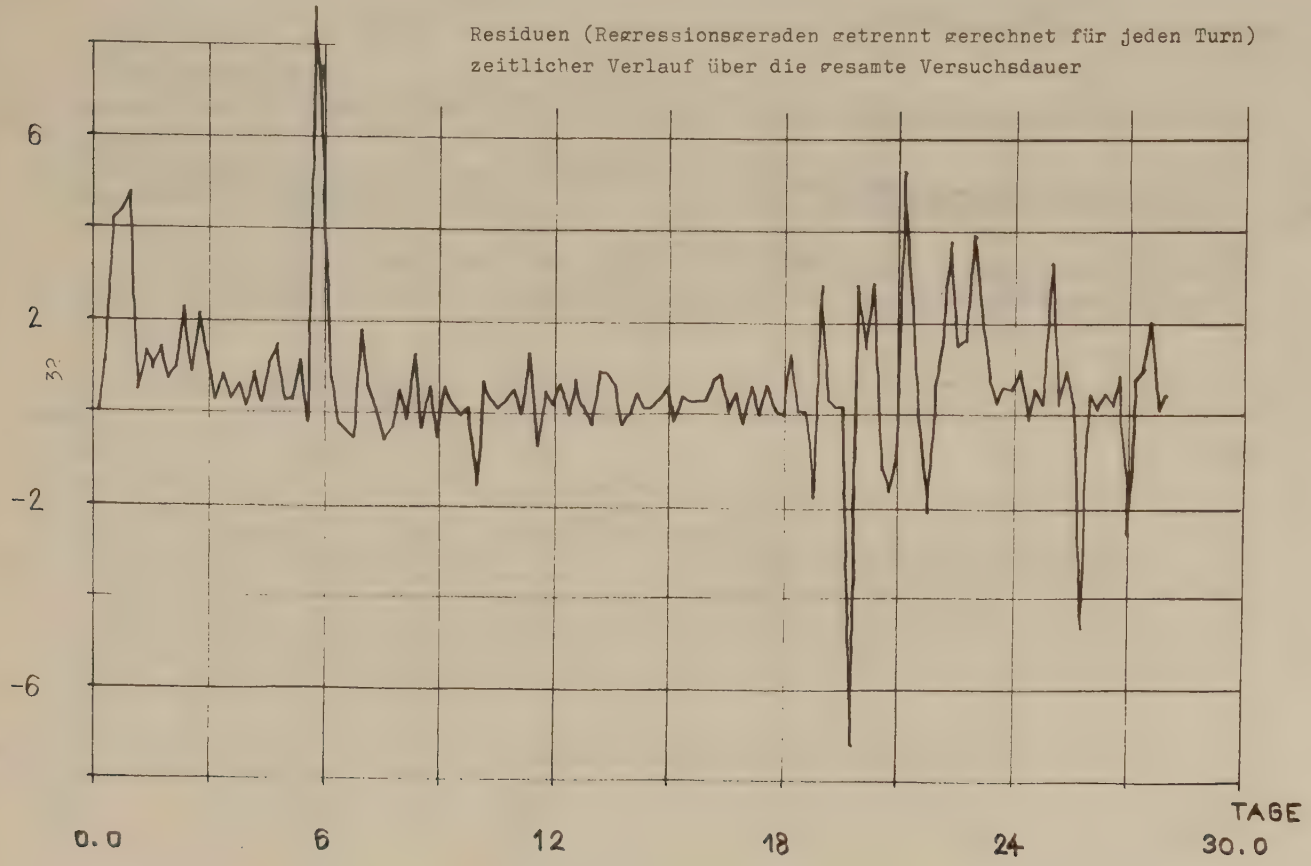


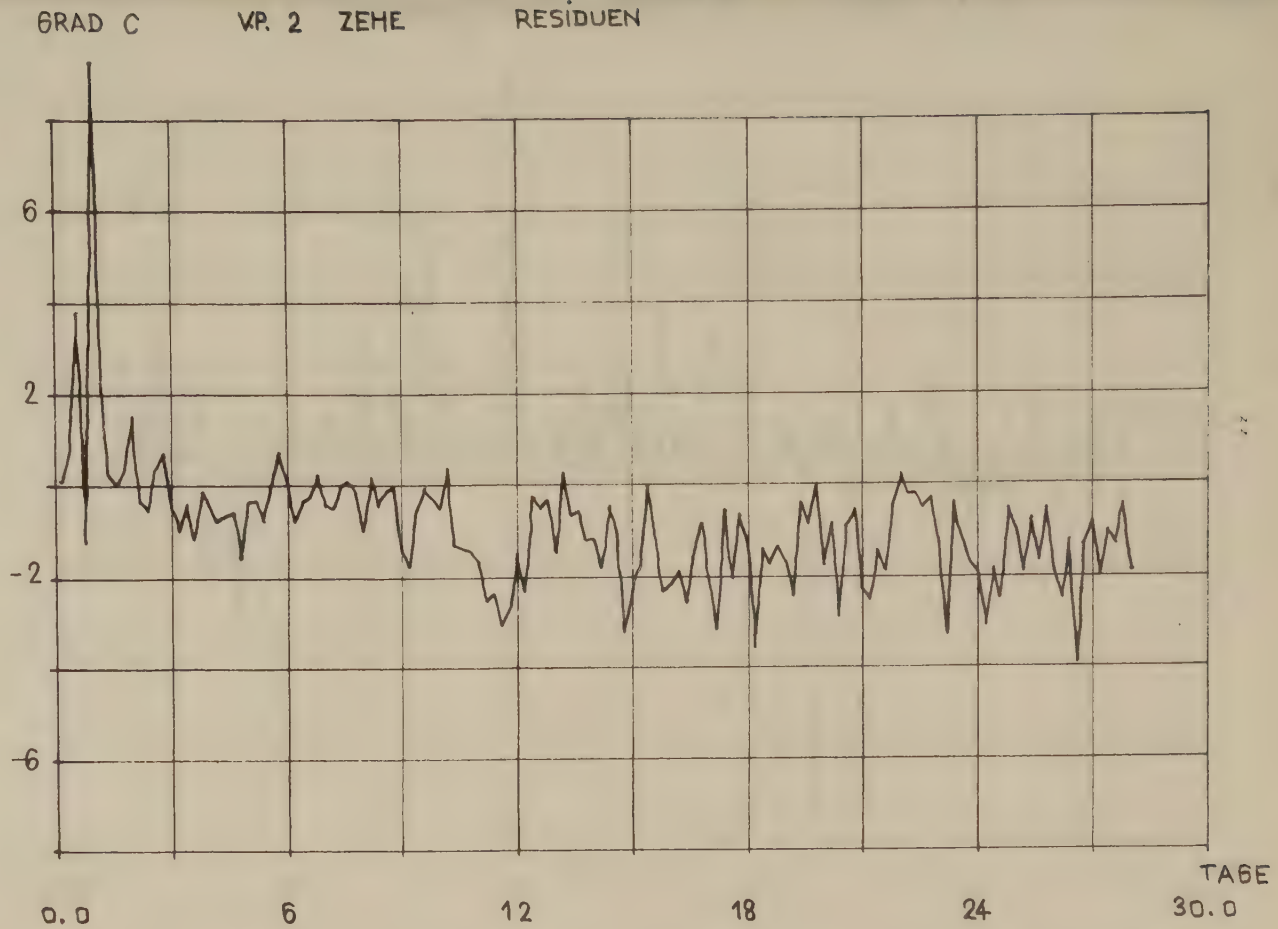

GRAD C
V.P. 3 WADE
30.0
20.0
TAGE
0.0
6
12
18
24
30.0

GRAD C V.P. 1 ZEHE RESIDUEN

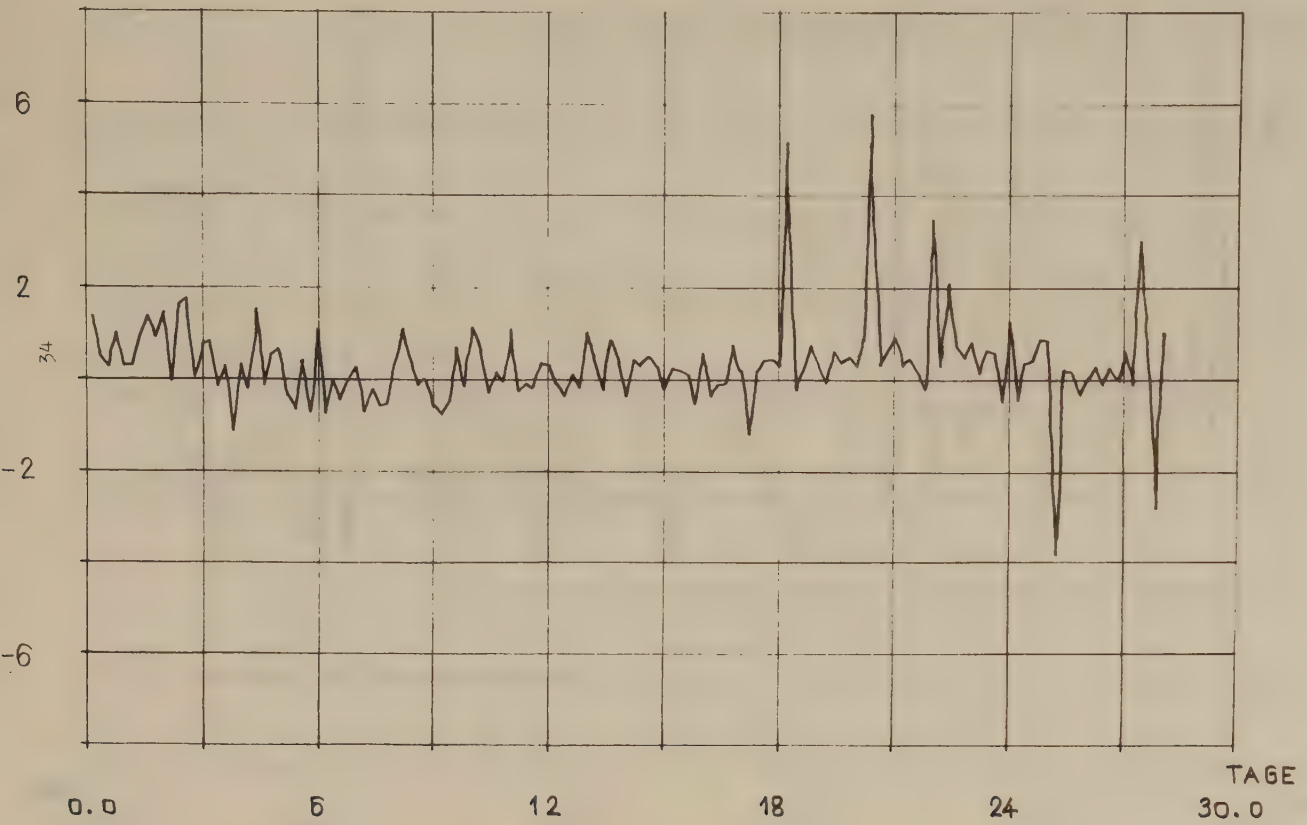
Abb.9 -17

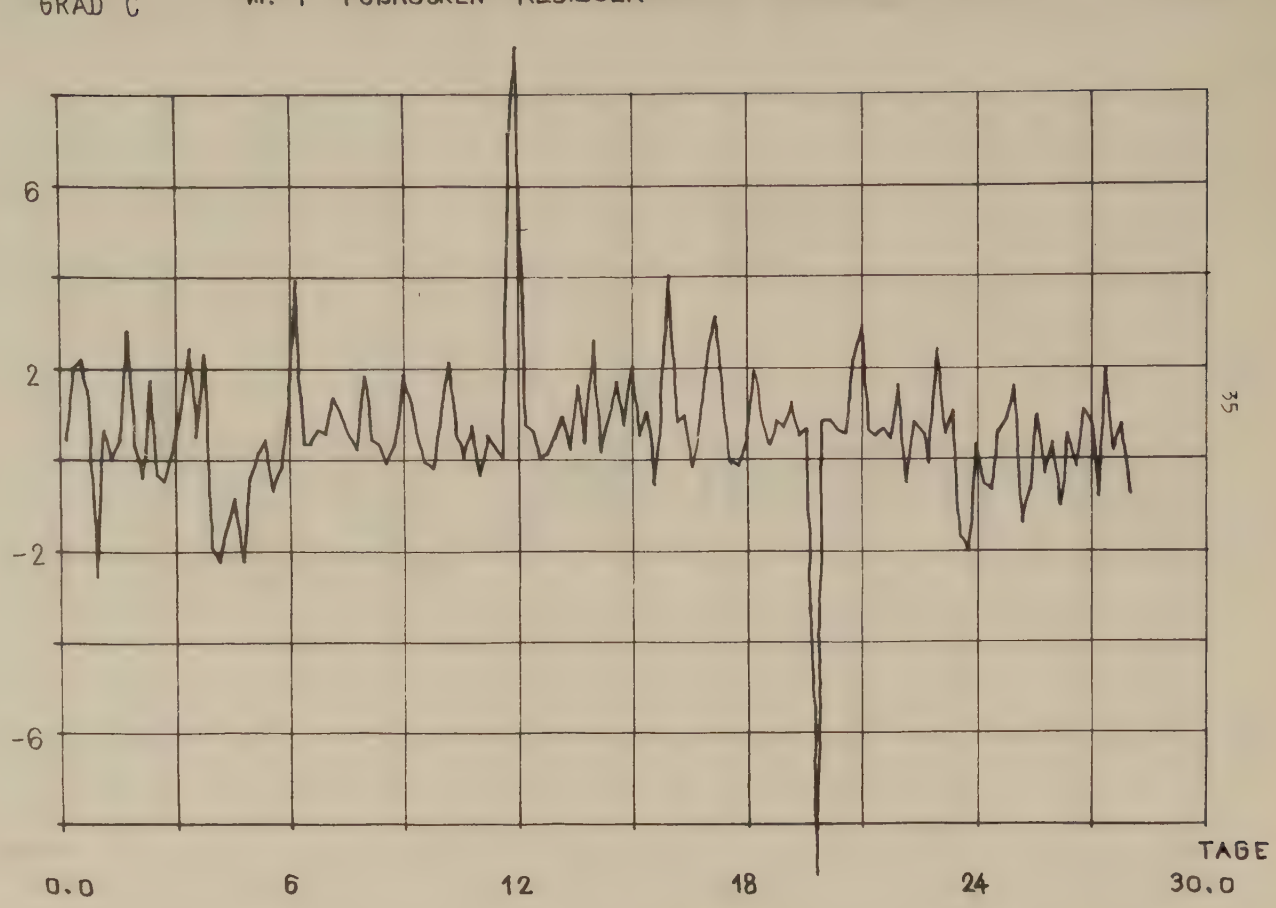
Residuen (Regressionsgeraden getrennt gerechnet für jeden Turn)
zeitlicher Verlauf über die gesamte Versuchsdauer



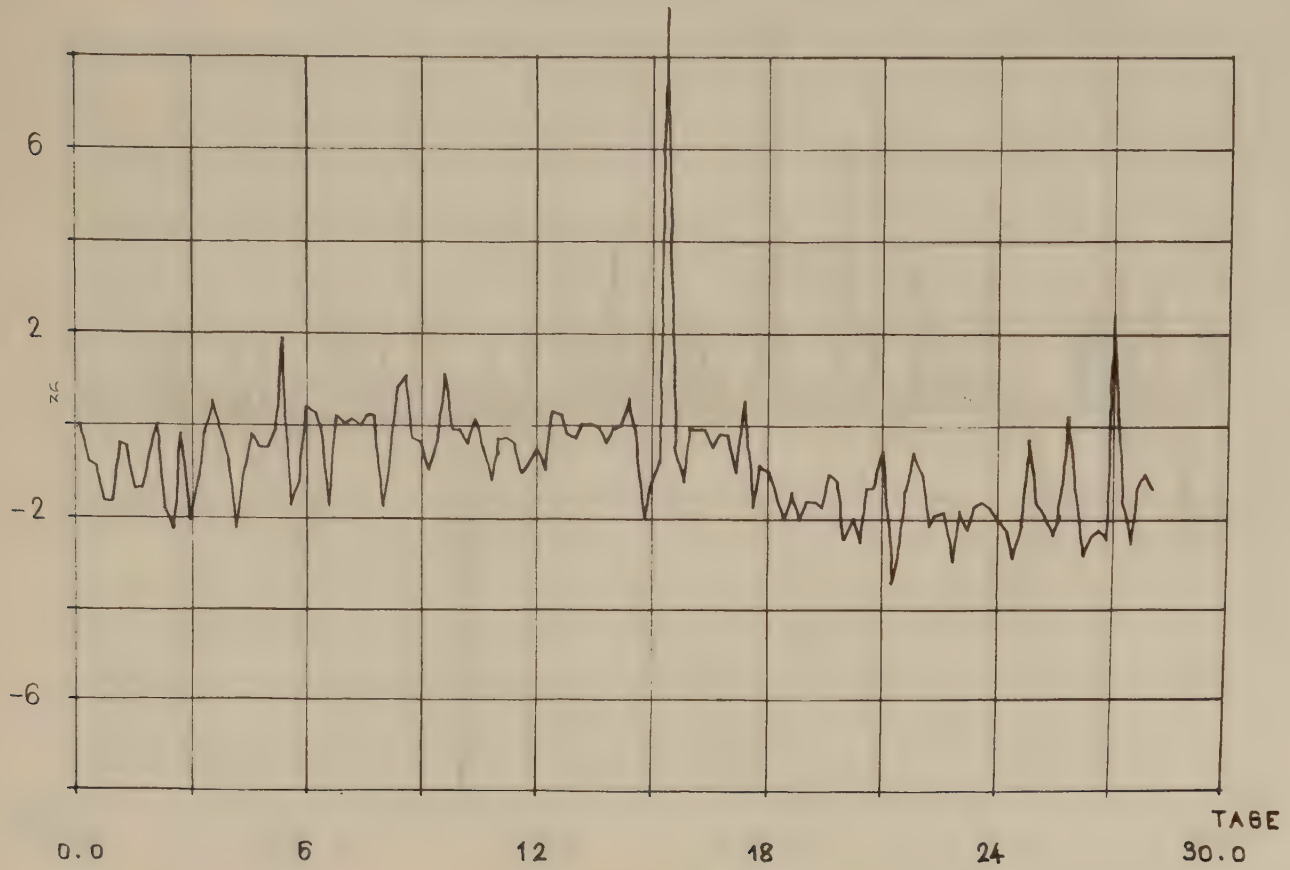

GRAD C
VP. 2 ZEHE
RESIDUEN
6
2
-2
-6
TAGE
0.0
6
12
18
24
30.0

GRAD C V.P. 3 ZEHE RESIDUEN

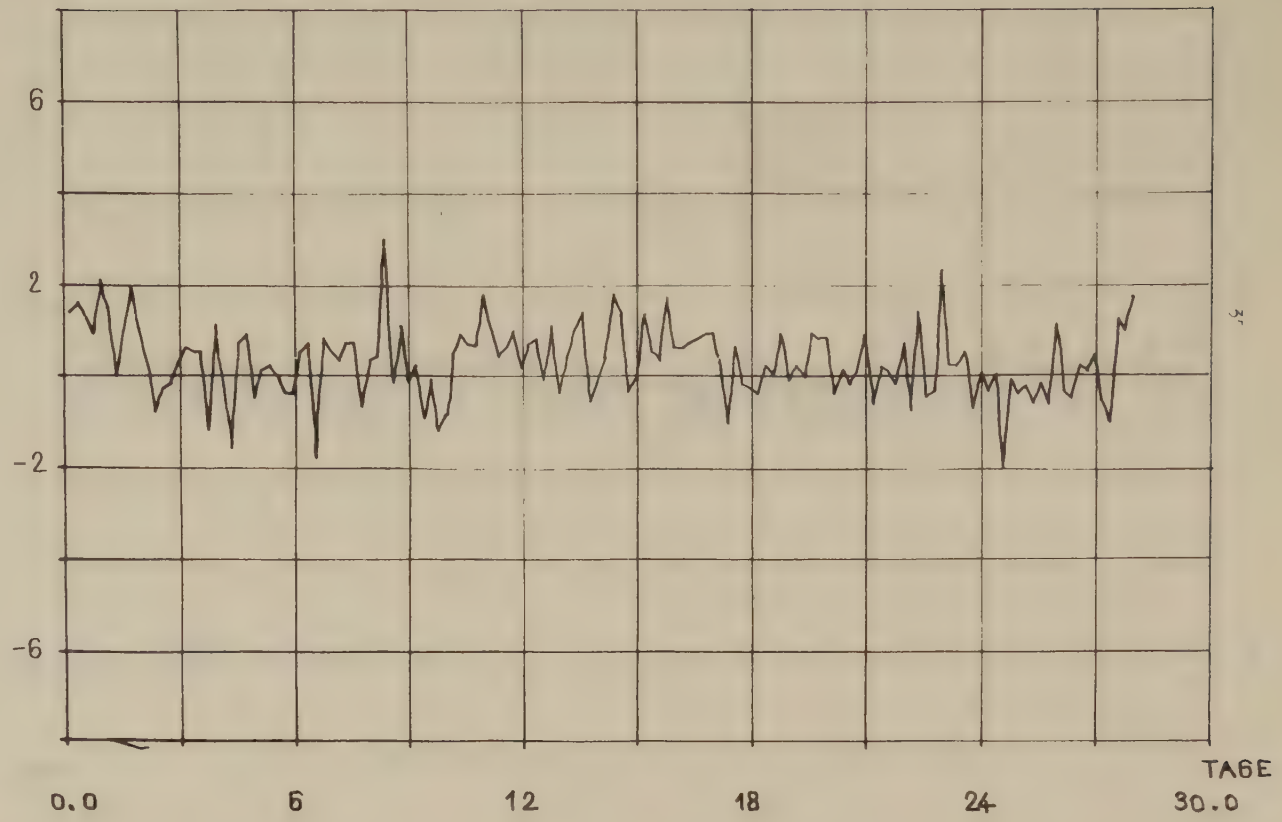



GRAD C
V.P. 1 FUßRÜCKEN RESIDUEN
6
2
-2
-6
0.0
6
12
18
24
30.0
TAGE

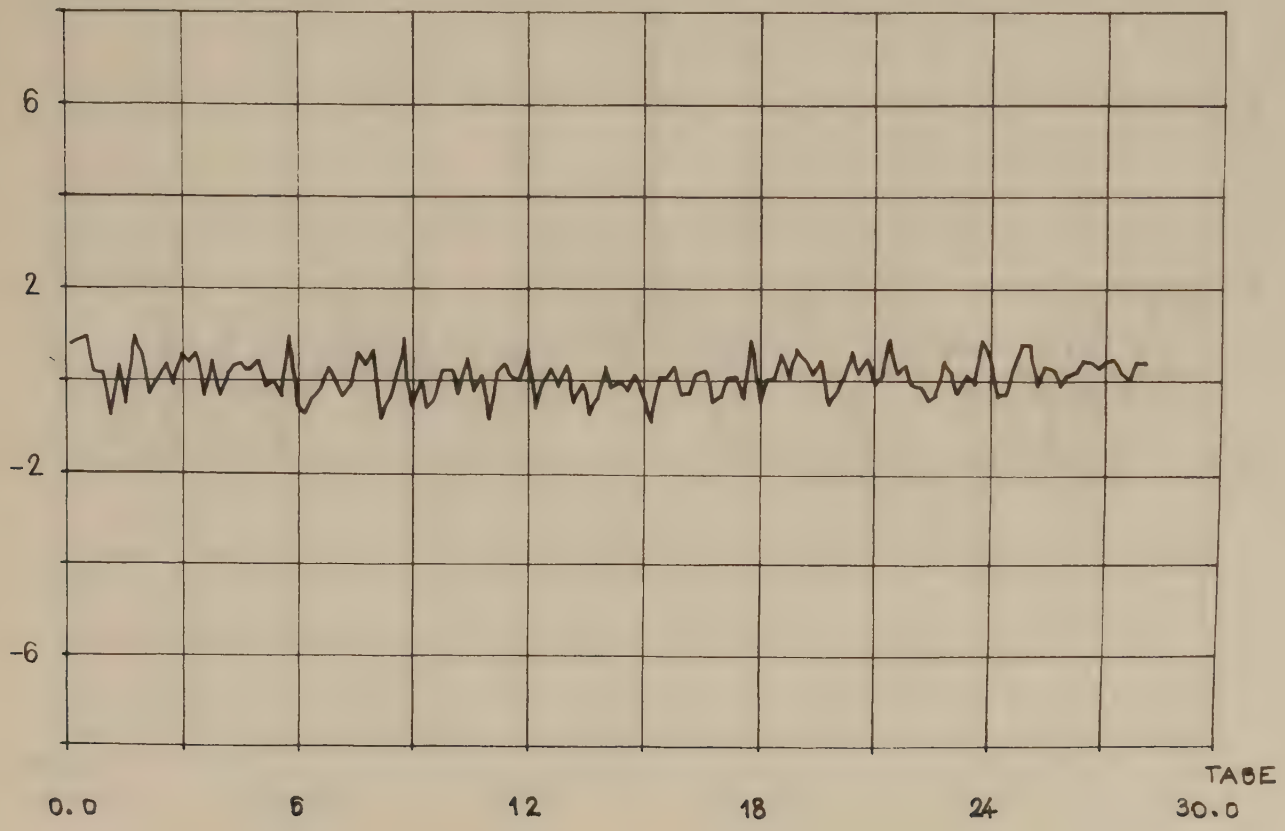
GRAD C V.P. 2 FUßRÜCKEN RESIDUEN



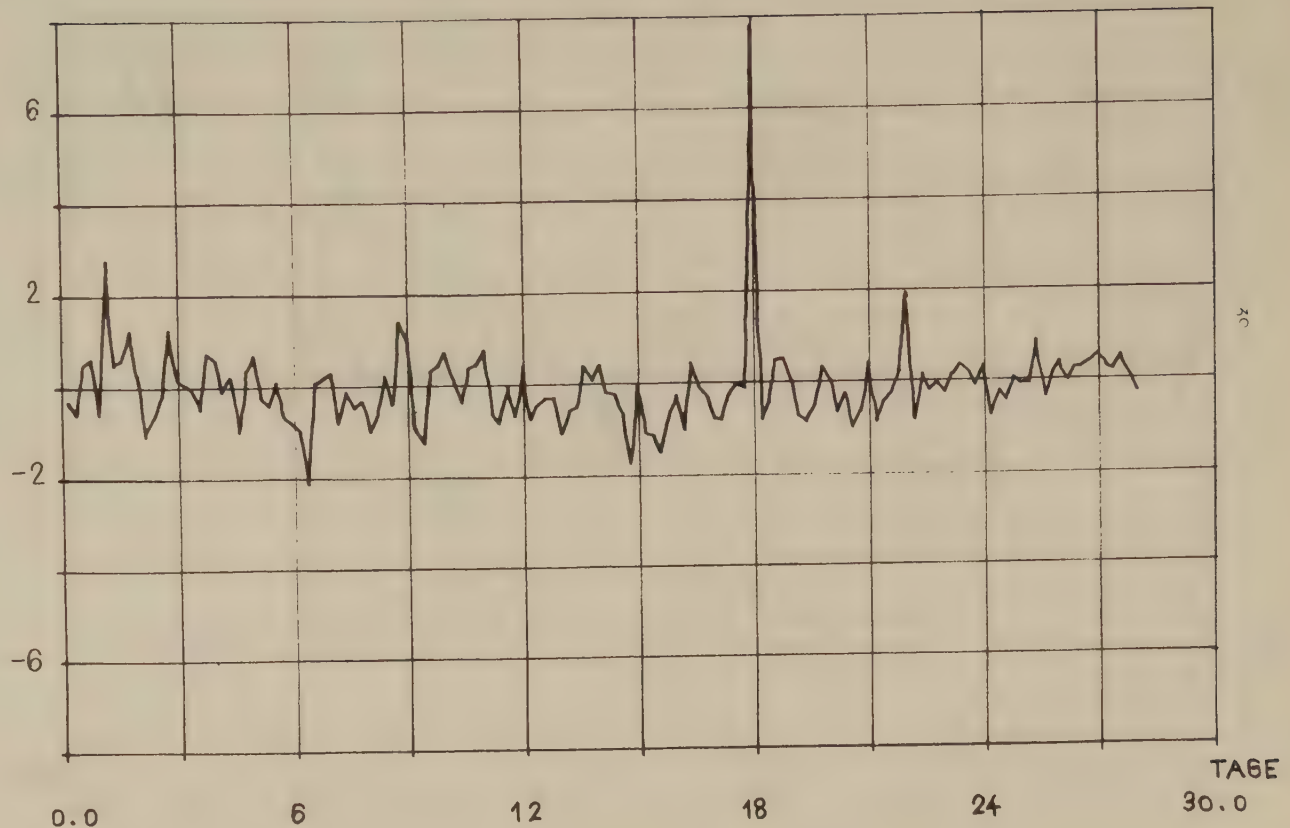
GRAD C VP. 3 FUßRÜCKEN RESIDUEN



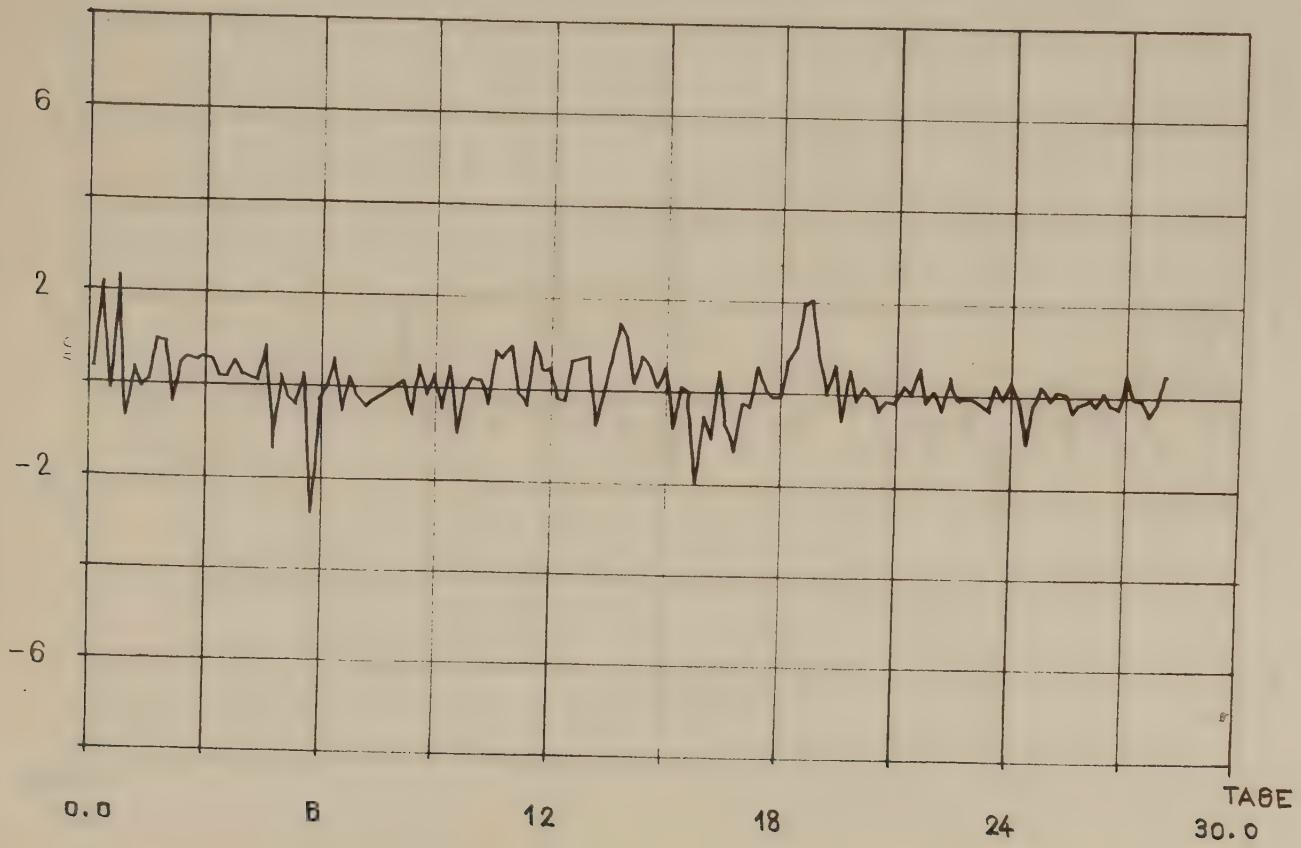
GRAD C V.P. 1 WADE RESIDUEN



GRAD C VP. 2 WADE RESIDUEN



GRAD C V.P. 3 WADE RESIDUEN



Tab.1

Hauttemperatur

Liste der Symbole"+,O,-" relativ zum Mittelwert,Summen aus VP 1+2+3, Wade(Wa),Fußrücken(Fr),Zehe(Ze).

Turn		1			2			3			4			5		
		Wa	Fr	Ze												
W	+	6	11	8	4	6	8	6	4	5	7	2	9	8	4	5
	O	8	3	2	7	6	1	4	1	0	4	6	1	4	2	3
	-	1	1	5	1	0	3	2	7	7	1	4	2	0	6	4
K	+	8	6	7	1	0	0	7	4	2	9	5	5	12	10	5
	O	4	5	1	6	4	0	3	2	2	5	8	0	3	2	4
	-	0	1	4	8	11	15	5	9	11	1	2	10	0	3	6
T	+	6	10	6	1	1	4	7	1	5	9	4	7	11	7	6
	O	6	2	4	8	9	1	4	4	2	4	6	1	3	2	5
	-	0	0	2	6	9	10	4	10	8	2	5	7	1	6	4
F	+	5	6	5	0	3	4	2	1	1	4	1	3	6	2	2
	O	4	2	2	5	3	1	3	1	1	2	3	1	0	1	1
	-	0	1	2	1	0	1	1	4	4	0	2	2	0	3	3
Ø	+	30	22	16	18	16	19	26	14	16	35	16	26	29	18	21
	O	15	20	5	20	17	8	15	20	8	11	16	5	12	20	7
	-	3	6	27	13	18	24	10	17	27	5	19	20	10	13	23
Ges.		49	47	36	23	24	31	40	22	26	56	25	44	53	33	34
	+	34	31	13	38	29	11	27	26	11	20	31	8	20	24	15
	O	4	9	38	23	31	42	17	36	47	8	28	32	11	27	35

W: Warmreiz

K: Kaltreiz

T: Trockenreiz

F: Feuchtreiz

Ø: Tage ohne Klimareiz

Ges:Alle Versuchstage zusammen

Tab.2

Hauttemperatur

Liste der Symbole"+,O,-" relativ zum Vorturn,Summen aus VP 1+2+3,

Turn		1			2			3			4			5		
		Wa	Fr	Ze												
W	+	3	9	8	2	3	4	5	2	3	2	5	7	5	3	3
	O	8	3	3	5	4	3	3	2	0	7	4	2	4	4	2
	-	4	3	4	5	5	5	4	8	9	3	3	3	3	5	7
K		1	7	4	2	0	1	13	7	12	9	9	11	7	7	8
		7	2	4	1	3	2	2	6	1	5	4	1	2	6	2
		4	3	4	12	12	12	0	2	2	1	2	3	6	2	5
T		1	5	4	2	0	1	10	5	11	6	7	9	6	6	8
		3	2	3	2	5	3	3	5	1	6	6	1	5	6	2
		8	5	5	11	10	11	2	5	3	3	2	5	4	3	5
F		3	5	4	0	1	2	2	1	0	2	4	5	3	3	2
		3	1	3	2	2	1	4	0	1	3	1	0	1	0	0
		3	3	2	4	3	3	0	5	5	1	1	1	2	3	4
Ø		11	16	14	11	10	21	20	17	15	21	16	27	14	25	21
		9	14	11	17	16	10	19	13	11	23	17	8	22	13	9
		25	15	20	23	25	20	12	21	25	7	18	16	15	13	21
Ges		19	37	31	15	14	28	40	28	33	35	34	50	26	36	33
		26	20	21	25	24	15	28	21	13	36	27	11	31	24	14
		39	27	32	44	46	41	16	35	38	13	23	23	27	24	37

Tab.3

Residuen

Liste der Symbole"+,0,-" relativ zum Mittelwert,Summen aus VP 1+2+3

Turn		1			2			3			4			5		
		Wa	Fr	Ze												
W	+	2	3	1	4	0	4	4	0	0	3	3	0	8	6	3
	0	6	7	6	5	8	6	5	7	6	5	7	9	3	6	5
	-	7	5	8	3	4	2	3	5	6	4	2	3	1	0	4
K		0	2	1	2	6	2	4	7	2	3	3	1	6	6	1
		3	6	5	7	8	10	5	5	11	7	5	6	5	7	8
		9	4	6	6	1	3	6	3	2	5	7	8	4	2	6
T		0	4	2	3	6	6	4	7	3	4	2	3	5	8	2
		3	5	6	8	7	5	3	5	9	6	5	7	7	5	7
		9	3	4	4	2	4	8	3	3	5	8	5	3	2	6
F		0	2	2	2	2	1	3	0	0	2	0	0	3	4	3
		4	5	4	1	3	4	2	4	4	4	6	5	2	1	2
		5	2	3	3	1	1	1	2	2	0	0	1	1	1	1
Ø		7	11	13	15	14	14	14	10	11	24	21	17	20	16	17
		21	20	23	20	21	26	18	19	28	20	13	23	15	19	22
		20	17	12	16	16	11	19	22	12	7	17	11	16	16	12
Ges		9	20	18	23	23	23	24	17	14	33	27	20	36	32	23
		33	38	40	33	39	44	30	34	50	35	28	42	26	32	38
		45	29	29	28	22	17	30	33	20	16	29	22	22	20	23

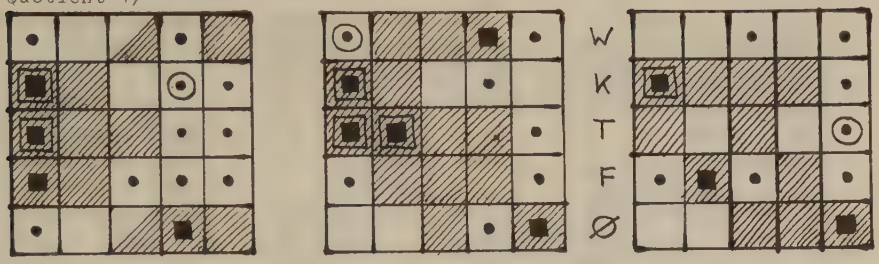
Tab.4

Residuen

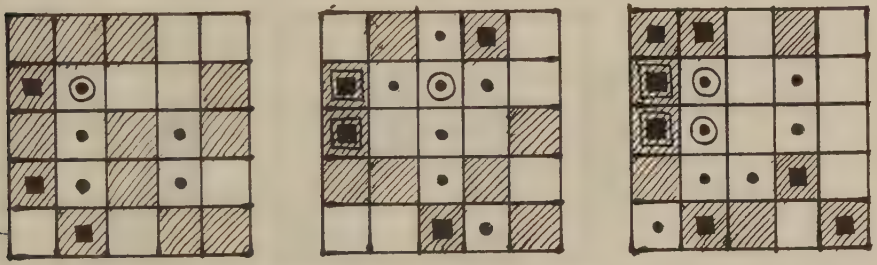
Liste der Symbole"+,0,-" relativ zum Vorturn,Summen aus VP 1+2+3

Turn		1			2			3			4			5		
		Wa	Fr	Ze												
	+	3	3	3	7	2	5	4	3	1	3	4	4	5	7	7
w	0	4	2	4	4	9	5	2	7	3	6	8	6	5	4	3
	-	8	10	8	1	1	2	6	2	8	3	0	2	2	1	2
		2	2	2	6	5	3	5	2	1	5	2	0	9	10	5
K		1	5	3	8	8	8	6	8	9	4	5	6	1	3	7
		9	5	7	1	2	4	4	5	5	6	8	9	5	2	3
		0	3	3	8	6	5	3	3	2	6	1	0	6	12	5
T		2	4	4	6	8	6	4	9	7	6	6	11	5	2	5
		10	5	5	1	1	4	8	3	6	3	8	4	4	1	5
		1	2	3	3	3	1	4	1	0	2	2	1	3	4	4
F		3	3	3	1	2	2	0	4	5	3	3	4	1	1	2
		5	4	3	2	1	3	2	1	1	1	1	1	2	1	0
		11	14	10	24	15	26	22	18	14	25	16	15	14	16	14
Ø		14	19	15	16	20	12	12	16	25	12	23	23	16	21	18
		20	12	20	11	16	13	17	17	12	14	12	13	21	14	19
		15	22	18	40	26	36	33	23	16	35	23	19	30	38	28
Ges		23	31	26	28	38	27	21	35	43	26	38	44	25	28	31
		46	31	40	16	20	21	30	26	25	23	23	21	29	18	25

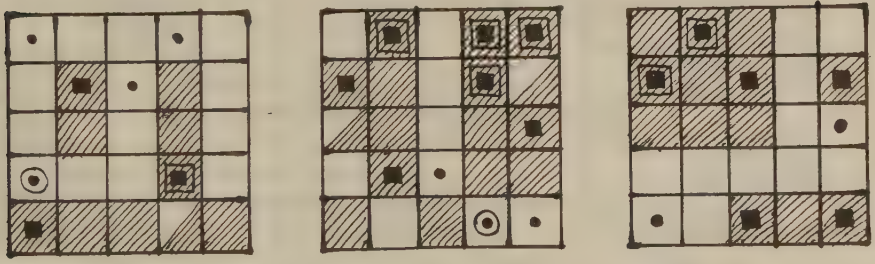
Hauttemperatur,Symbolgebung rel.zum Mittel, Quotient +/-



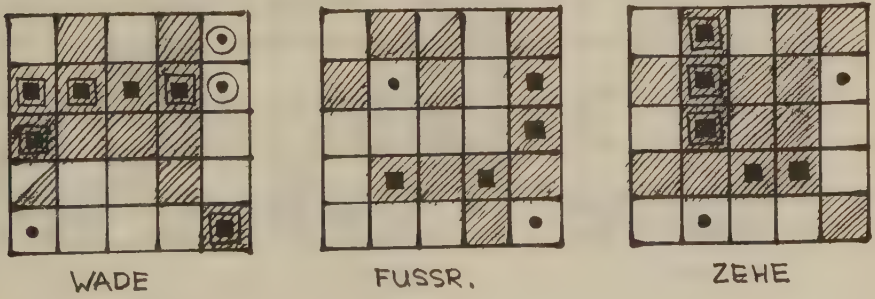
Hauttemperatur,Symbolgebung rel.zum Vorturn,Quotient +/-



Hauttemperatur,Symbolgebung rel.zum Mittel,Quotient C/+-



Hauttemperatur,Symbolgebung rel.zum Vorturn,Quotient C/+-



Legende zur graphischen Darstellung der möglichen Klimaeinflüsse auf die Quotienten der Symbole"+,O,-":
(Abbildungen 18 und 19)

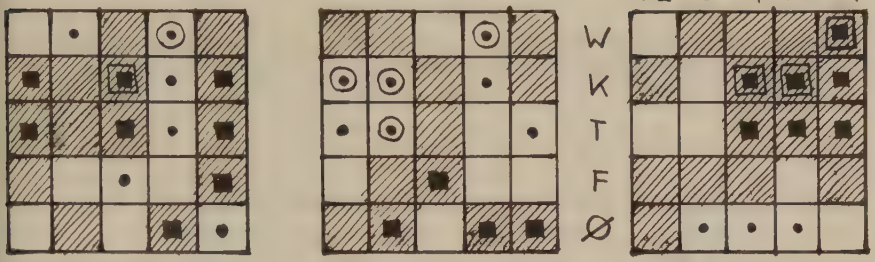
W	Warmreiz
K	Kaltreiz
T	Trockenreiz
F	Feuchtreiz
Ø	kein Klimareiz
+/-	im Zähler des Quotienten steht die Summe aller Symbole "+",im Nenner die Summe der Symbole "-"
O/+-	im Zähler des Quotienten steht die Summe aller Symbole "O",im Nenner die Summe der Symbole "+" und "-".
T2	Turn 2,ca. 5 Minuten bis 1 Stunde nach dem Klimareiz
T3	Turn 3,ca. 3-4 Stunden nach dem Klimareiz
T4	Turn 4,ca. 5-6 Stunden nach dem Klimareiz
T5	Turn 5,ca. 7,5-8,5 Stunden n.d. Klimareiz
T1	Turn 1,ca.11,5-12,5Stunden n.d. Klimareiz
•	im Vergleich mit den Nichtreiztagen ist der Quotient bei allen VP größer
■	im Vergleich mit den Nichtreiztagen ist der Quotient bei allen VP kleiner
⊙ ▣	Wahrscheinlichkeit eines zufälligen Ergebnisses kleiner/gleich 20 %

Die Nichtklimareiztage wurden mit der Gesamtheit aller Tage verglichen.

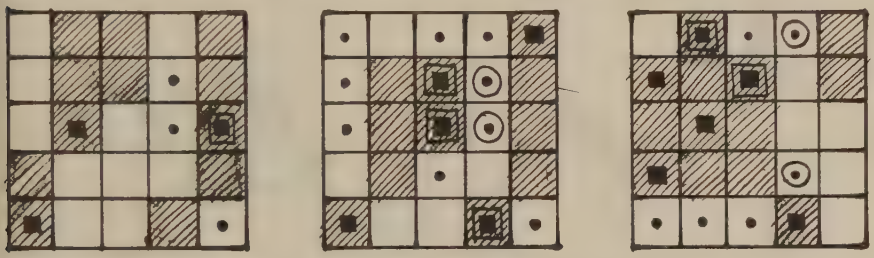
□	Quotient aus den Summen der Symbole aller drei VP größer als an Nichtreiztagen
▨	Quotient aus den Summen der Symbole aller drei VP kleiner als an Nichtreiztagen

Abb.19

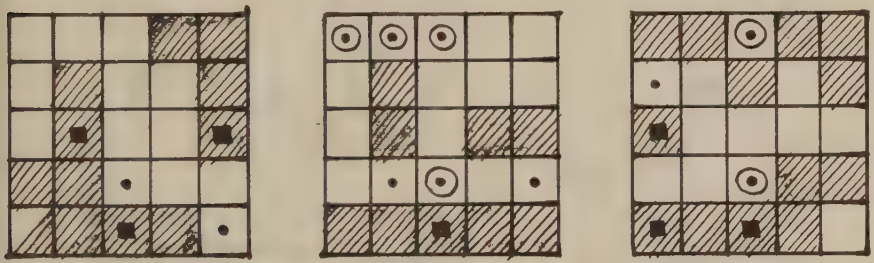
Residuen,Symbolgebung relativ zum Mittel,Q +/-



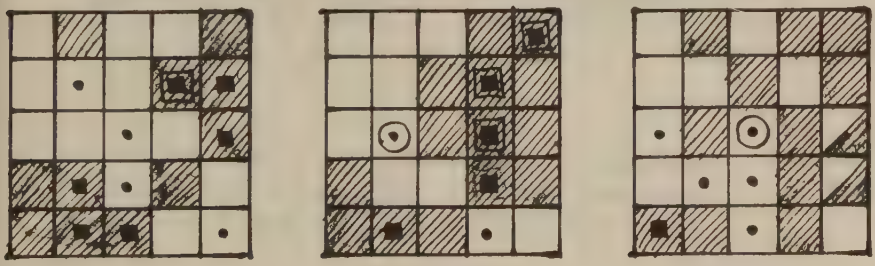
Residuen,Symbolgebung relativ zum Vorturn,Quotient +/-



Residuen,Symbolgebung relativ zum Mittel,Quotient O/+-



Residuen,Symbolgebung relativ zum Vorturn,Quotient O/+-



...
Hauttemperatur vor dem Bad
Graphische Darstellung der Quotienten aus den Symbolen "+,(,-"

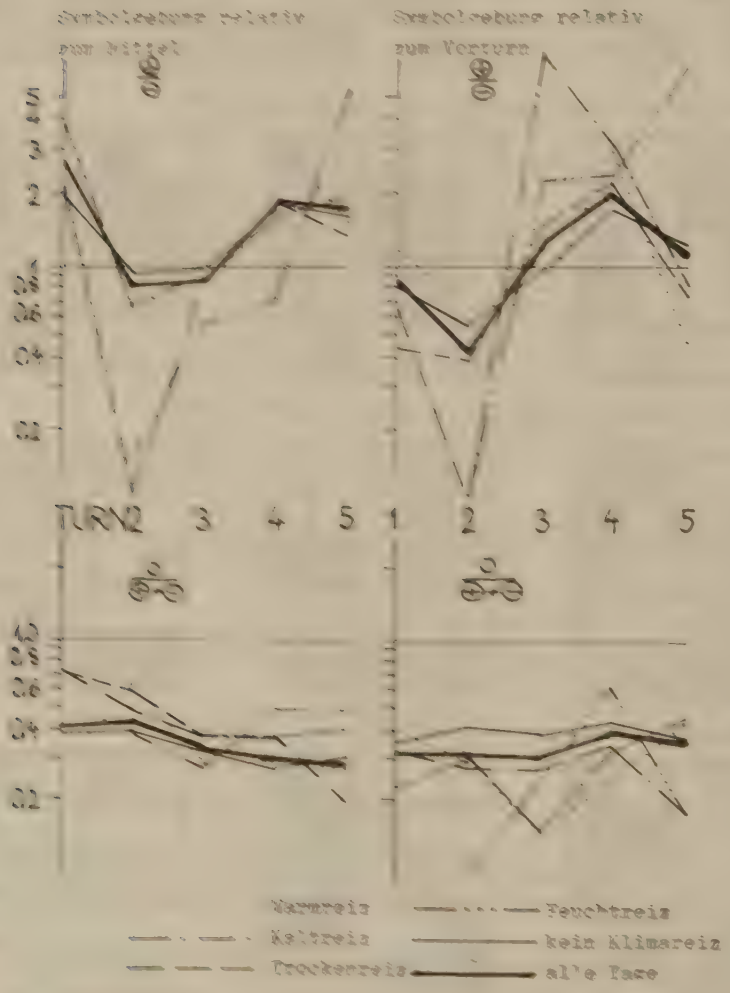
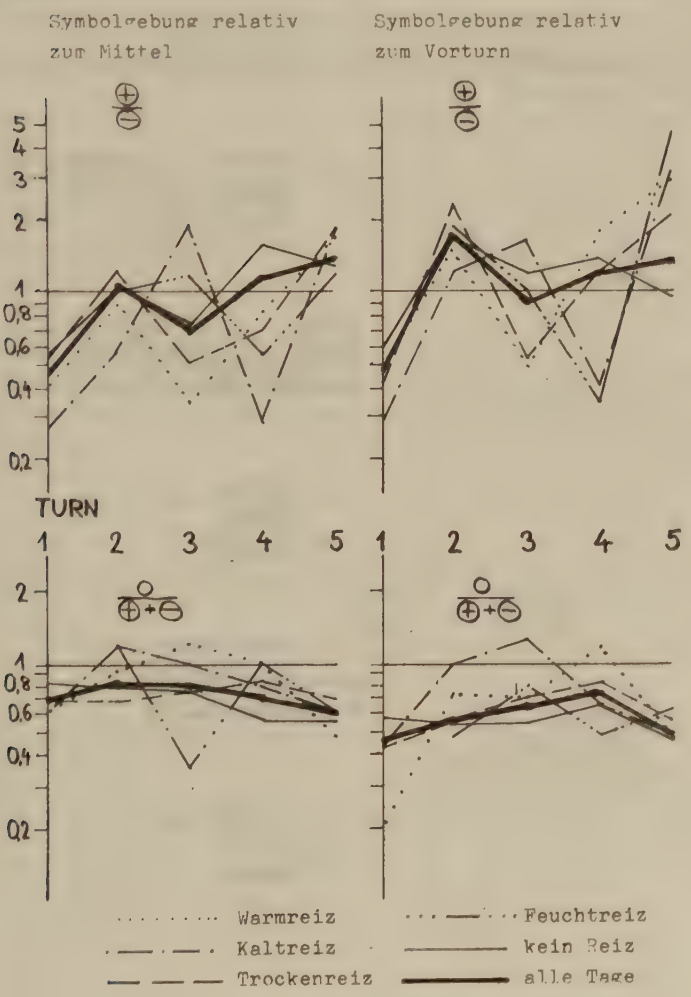


Abb. 21

Residuen (Regressionsgeraden gesondert für jeden Turn)
Graphische Darstellung der Quotienten aus den Symbolen "+,0,-"



Tab.5
Gleiches(=) und verschiedenes(≠) Verhalten der Hauttemperaturen bei der Symbolgebung relativ zum Mittel,Summen aus Wade+Fußr.+ Zehe,bzw.VP 1+2+3.

Unterscheidet sich der Quotient Q (=/≠) der Klimareiztage(W,K,T,F) von den Nichtreiztagen(Ø) nach oben oder unten und ist der Unterschied der beiden Quotienten mit höchstens 20 % zufällig(Vierfeldertest),so ist der betreffende Quotient umrahmt.

		T1	T2	T3	T4	T5					
VP 1u.2											
W+K	(=)	10	14	7	8	10	Q	0,59	1,08	0,35	0,42	0,59
	(≠)	17	13	20	19	17						
T+F		11	10	7	7	8		1,10	0,91	0,50	0,50	0,62
		10	11	14	14	13						
Ø		17	14	13	23	23		0,55	0,38	0,34	0,82	0,82
		31	37	38	28	28						
VP 2u.3												
W+K		17	15	17	17	13		1,70	1,25	1,70	1,70	0,93
		10	12	10	10	14						
T+F		13	14	14	15	12		1,63	2,00	2,00	2,50	1,33
		8	7	7	6	9						
Ø		19	24	22	22	27		0,66	0,89	0,76	0,76	1,13
		29	27	29	29	24						
VP 1u.3												
W+K		11	13	11	12	13		0,69	0,93	0,69	0,80	0,93
		16	14	16	15	14						
T+F		11	12	9	7	11		1,10	1,33	0,75	0,50	1,10
		10	9	12	14	10						
Ø		23	15	17	19	28		0,92	0,42	0,50	0,59	1,22
		25	36	34	32	23						
VP 1u.2u.3												
W+K		7	8	6	7	8		0,35	0,42	0,29	0,35	0,42
		20	19	21	20	19						
T+F		9	7	6	5	7		0,75	0,50	0,40	0,31	0,50
		12	14	15	16	14						
Ø		9	5	5	11	16		0,23	0,11	0,11	0,28	0,46
		39	46	46	40	35						
Wade u.Fußr.												
W+K		14	15	9	6	12		1,08	1,25	0,50	0,29	0,80
		13	12	18	21	15						
T+F		9	10	7	4	9		0,75	0,91	0,50	0,24	0,75
		12	11	14	17	12						
Ø		21	17	19	16	23		0,78	0,50	0,59	0,46	0,82
		27	34	32	35	28						

Fußr.u.Zehe

W+K	12	17	21	9	11	0,80	1,70	3,50	0,50	0,69
	15	10	6	18	16					
T+F	14	10	15	5	8	2,00	0,91	2,50	0,31	0,62
	7	11	6	16	13					
Ø	15	28	30	27	25	0,45	1,22	1,43	1,13	0,96
	33	23	21	24	26					

Wade u.Zehe

W+K	7	12	6	12	9	0,35	0,80	0,29	0,80	0,50
	20	15	21	15	18					
T+F	6	7	3	6	4	0,40	0,50	0,17	0,40	0,24
	15	14	18	15	17					
Ø	12	22	20	26	21	0,33	0,76	0,65	1,04	0,70
	36	29	31	25	30					

Wade u.Fußr.u.Zehe

W+K	4	9	6	4	6	0,17	0,50	0,29	0,17	0,29
	23	18	21	23	21					
T+F	5	4	3	2	3	0,31	0,24	0,17	0,11	0,17
	16	17	18	19	18					
Ø	6	11	12	11	13	0,14	0,28	0,31	0,28	0,34
	42	40	39	40	38					

Tab.6
Gleiches(=)und verschiedenes(≠) Verhalten der Hauttemperaturen bei der Symbolgebung relativ zum Vorturn,Summen aus Wade+Fußrücken+Zehe bzw VP 1+2+3. (Quotienten wie in Tab.5 teilweise umrahmt).

		T1	T2	T3	T4	T5					
VP 1 u.2											
W+K	(=)	8	11	12	11	9	0,42	0,69	0,80	0,69	0,50
	(≠)	19	16	15	16	18					
T+F		5	10	12	10	9	0,31	0,91	1,33	0,91	0,75
		16	11	9	11	12					
Ø		19	21	16	20	23	0,73	0,70	0,46	0,65	0,82
		26	30	35	31	28					
VP 2 u.3											
W+K		12	15	19	14	12	0,80	1,25	2,38	1,08	0,80
		15	12	8	13	15					
T+F		10	15	15	11	11	0,91	2,50	2,50	1,10	1,10
		11	6	6	10	10					
Ø		23	27	21	15	25	1,05	1,13	0,70	0,42	0,96
		22	24	30	36	26					

VP 1 u.3

W+K	7	16	12	13	12	0,35	1,45	0,80	0,93	0,80
	20	11	15	14	15					
T+F	5	11	11	9	8	0,31	1,10	1,10	0,75	0,62
	16	10	10	12	13					
Ø	17	15	17	18	29	0,61	0,42	0,50	0,55	1,23
	28	36	34	33	22					

VP 1 u.2 u.3

W+K	2	8	9	8	5	0,08	0,42	0,50	0,42	0,23
	25	19	18	19	22					
T+F	2	9	9	7	4	0,11	0,75	0,75	0,50	0,24
	19	12	12	14	17					
Ø	10	9	7	4	16	0,29	0,21	0,16	0,09	0,46
	35	42	44	47	35					

Wade u.Fußrücken

W+K	5	14	9	13	11	0,23	1,08	0,50	0,93	0,69
	22	13	18	14	16					
T+F	8	11	4	9	11	0,62	1,10	0,24	0,75	1,10
	13	10	17	12	10					
Ø	18	20	20	18	14	0,67	0,65	0,65	0,55	0,38
	27	31	31	33	37					

Fußrücken u.Zehe

W+K	13	16	15	16	11	0,93	1,45	1,25	1,45	0,69
	14	11	12	11	16					
T+F	11	13	11	12	9	1,10	1,63	1,10	1,33	0,75
	10	8	10	9	12					
Ø	22	28	25	25	29	0,96	1,22	0,96	0,96	1,12
	23	23	26	26	22					

Wade u.Zehe

W+K	10	11	17	5	11	0,59	0,69	1,70	0,23	0,69
	17	16	10	22	16					
T+F	9	9	12	4	7	0,75	0,75	1,44	0,24	0,50
	12	12	9	17	14					
Ø	13	13	18	15	16	0,41	0,34	0,55	0,42	0,46
	32	38	33	36	35					

Wade u.Fußr.u.Zehe

W+K	2	9	9	5	5	0,08	0,50	0,50	0,23	0,23
	25	18	18	22	22					
T+F	4	7	4	3	5	0,24	0,50	0,24	0,17	0,31
	17	14	17	18	16					
Ø	6	9	11	7	7	0,15	0,21	0,28	0,16	0,16
	39	42	40	44	44					

Tab.7

Gleiches(=) und verschiedenes(≠) Verhalten der Residuen bei der Symbolgebung relativ zum Mittel, Summen aus Wade+Fußr.+ Zehe bzw. aus VP 1+2+3.

VP1u2										
W+K	(=)	10	10	15	5	7	0,59	0,59	1,25	0,23	0,35
	(≠)	17	17	12	22	20					
T+F		10	7	8	7	4	0,91	0,50	0,62	0,50	0,24
		11	14	13	14	17					
Ø		18	17	17	15	17	0,60	0,50	0,50	0,42	0,50
		30	34	34	36	34					
VP2u3											
W+K		9	11	12	13	9	0,50	0,69	0,80	0,93	0,50
		18	16	15	14	18					
T+F		9	8	13	12	9	0,75	0,62	1,63	1,33	0,75
		12	13	8	9	12					
Ø		19	14	19	18	15	0,66	0,38	0,59	0,55	0,42
		29	37	32	33	36					
VP1u3											
W+K		15	12	12	11	11	1,25	0,80	0,80	0,69	0,69
		12	15	15	16	16					
T+F		9	7	8	8	7	0,75	0,50	0,62	0,62	0,50
		12	14	13	13	14					
Ø		22	24	17	19	20	0,85	0,89	0,50	0,59	0,65
		26	27	34	32	31					
VP1u2u3											
W+K		7	4	6	4	2	0,35	0,17	0,29	0,17	0,08
		20	23	21	23	25					
T+F		4	2	4	5	2	0,24	0,11	0,24	0,31	0,11
		17	19	17	16	19					
Ø		10	4	6	6	7	0,26	0,09	0,13	0,13	0,16
		38	47	45	45	44					
WadeuFußr.											
W+K		7	8	9	10	8	0,35	0,42	0,50	0,59	0,42
		20	19	18	17	19					
T+F		7	7	7	9	8	0,50	0,50	0,50	0,75	0,62
		14	14	14	12	13					
Ø		11	16	17	19	14	0,30	0,46	0,50	0,59	0,38
		37	35	34	32	37					
Fußr u. Zehe											
W+K		9	13	12	12	8	0,50	0,93	0,80	0,80	0,42
		18	14	15	15	19					
T+F		5	7	7	11	5	0,31	0,50	0,50	1,10	0,31
		16	14	14	10	16					
Ø		20	19	27	22	18	0,71	0,59	1,13	0,76	0,55
		28	32	24	29	33					

Wade u.Zehe

W+K	13	10	7	13	3	0,93	0,59	0,35	0,93	0,13
	14	17	20	14	24					
T+F	9	8	4	10	6	0,75	0,62	0,24	0,91	0,40
	12	13	17	11	15					
Ø	19	18	20	25	22	0,66	0,55	0,65	0,96	0,76
	29	33	31	26	29					

Wade u.Fußrücken u.Zehe

W+K	4	4	3	6	1	0,17	0,17	0,13	0,29	0,04
	23	23	24	21	26					
T+F	3	3	1	6	2	0,17	0,17	0,05	0,40	0,11
	18	18	20	15	19					
Ø	4	6	12	13	6	0,09	0,14	0,31	0,34	0,13
	44	45	39	38	45					

Tab.8

Gleiches(=) und verschiedenes(≠) Verhalten der Residuen bei der Symbolgebung relativ zum Vorturn,Summen aus Wade+Fußr.+ Zehe bzw.aus VP 1+2+3.

VP1 u.2

W+K	(=) 7	11	7	10	11	0,35	0,69	0,35	0,59	0,69
	(≠) 20	16	20	17	16					
T+F	8	8	4	9	9	0,62	0,62	0,24	0,75	0,75
	13	13	17	12	12					
Ø	19	16	20	11	12	0,73	0,46	0,65	0,28	0,31
	26	35	31	40	39					

VP2u.3

W+K	18	10	9	13	6	2,00	0,59	0,50	0,93	0,29
	9	17	18	14	21					
T+F	10	9	10	10	8	0,91	0,75	0,91	0,91	0,62
	11	12	11	11	13					
Ø	20	20	17	25	13	0,80	0,65	0,50	0,96	0,34
	25	31	34	26	38					

VP1 u.3

W+K	9	11	9	9	8	0,50	0,69	0,50	0,50	0,42
	18	16	18	18	19					
T+F	6	10	7	9	8	0,40	0,91	0,50	0,75	0,62
	15	11	14	12	13					
Ø	18	16	10	13	9	0,67	0,46	0,24	0,34	0,21
	27	35	41	38	42					

VP1 u.2 u.3

W+K	7	5	1	4	2	0,35	0,23	0,04	0,17	0,08
	20	22	26	23	25					
T+F	4	4	2	5	5	0,24	0,24	0,11	0,31	0,31
	17	17	19	16	16					
Ø	8	5	5	6	3	0,22	0,11	0,11	0,13	0,06
	37	46	46	45	48					

Wade u.Fußrücken

W+K	11	12	7	11	11	0,69	0,80	0,35	0,69	0,69
	16	15	20	16	16					
T+F	6	7	6	11	8	0,40	0,50	0,40	1,10	0,62
	15	14	15	10	13					
Ø	19	18	13	15	11	0,73	0,55	0,34	0,42	0,28
	26	33	38	36	40					

Fußrücken u.Zehe

W+K	11	8	15	17	11	0,69	0,42	1,25	1,70	0,69
	16	19	12	10	16					
T+F	7	6	12	10	10	0,50	0,40	1,33	0,91	0,91
	14	15	9	11	11					
Ø	11	16	16	16	19	0,32	0,46	0,46	0,46	0,59
	34	35	35	35	32					

Wade u.Zehe

W+K	11	8	13	11	11	0,69	0,42	0,93	0,69	0,69
	16	19	14	16	16					
T+F	6	8	9	10	8	0,40	0,62	0,75	0,91	0,62
	15	13	12	11	13					
Ø	23	17	17	21	24	1,05	0,50	0,50	0,70	0,89
	22	34	34	30	27					

Wade u.Fußrücken u.Zehe

W+K	6	3	5	7	5	0,29	0,13	0,23	0,35	0,23
	21	24	22	20	22					
T+F	2	2	4	7	4	0,11	0,11	0,24	0,50	0,24
	19	19	17	14	17					
Ø	8	6	4	6	7	0,22	0,13	0,09	0,13	0,16
	37	45	47	45	44					

Tab.9

Hauttemperaturen an der Wade vor und nach dem Kaltwasserfußbad und hiervon abgeleitete Größen

Alle Angaben in Grad C

Turn		1		2		3		4		5	
		vor	nach								
Mittel	VP 1	31,6	26,9	30,9	26,7	31,0	26,7	31,6	27,2	31,4	27,0
	VP 2	31,7	26,6	31,7	26,7	31,8	26,9	32,3	27,4	32,2	27,4
	VP 3	31,2	26,7	30,9	26,8	31,6	27,1	31,3	26,9	31,5	27,1
Standard-		0,48	0,51	0,91	0,75	1,02	0,62	1,06	0,66	1,00	0,74
abweichung		0,59	0,71	0,60	0,70	0,81	0,68	0,65	0,67	0,59	0,74
		0,58	0,50	0,76	0,98	0,77	0,90	1,02	1,29	0,78	0,77
Maxima		32,7	28,0	32,5	28,2	33,5	28,8	34,4	29,0	33,5	28,0
		33,2	28,9	32,5	28,1	33,3	28,2	34,0	29,0	33,6	29,3
		32,7	28,0	32,6	29,6	33,0	29,3	33,1	29,5	33,3	29,3
Minima		30,9	25,7	28,9	25,3	28,9	25,8	30,1	26,0	29,8	25,4
		30,3	25,6	30,2	24,8	29,0	25,0	31,4	26,2	31,1	25,6
		30,3	25,8	30,0	25,0	30,3	25,2	28,3	22,5	30,2	26,3
Spannweiten		1,8	2,3	3,6	2,9	4,6	3,0	4,3	3,0	3,7	2,6
=Max.-Min.		2,9	3,3	2,3	3,3	4,1	3,2	2,6	2,8	2,5	3,7
		2,4	2,2	2,6	4,6	2,7	4,1	4,8	7,0	3,1	3,0
Differenz		4,7		4,2		4,3		4,4		4,4	
vor-nach		5,1		5,0		4,9		4,9		4,8	
		4,5		4,1		4,5		4,4		4,4	
Residuen-		-0,22		0,06		-0,02		0,17		0,00	
mittel		-0,29		-0,09		0,02		0,16		0,20	
		-0,16		0,20		-0,04		-0,03		0,04	
Standard-		0,40		0,39		0,38		0,36		0,47	
abweichung		0,42		0,59		0,50		0,60		0,59	
der Residuen		0,40		0,45		0,59		0,97		0,47	

Tab.10

Hauttemperaturen am Fußrücken vor und nach dem Kaltwasserfußbad und hiervon abgeleitete Größen
Angaben in Grad C

Turn		1		2		3		4		5	
		vor	nach								
Mittel	VP 1	33,1	29,0	32,9	28,9	32,4	28,0	32,7	28,4	33,1	29,6
	VP 2	31,3	25,6	30,3	25,2	30.5	25,0	30,7	25,2	30,7	25,3
	VP 3	31,3	26,9	29,9	25,6	30,0	25,6	30,5	26,1	30,3	26,2
Standard-abweichung		1,12	1,69	1,01	1,47	1,10	1,39	1,18	2,69	1,42	2,05
		0,86	1,19	1,49	1,30	1,15	1,24	1,41	1,49	1,27	1,17
		0,79	1,06	1,28	1,26	1,48	1,44	1,39	1,41	1,26	1,25
Maxima		34,7	32,7	34,7	31,9	34,5	30,4	34,4	34,2	34,9	34,2
		32,8	27,6	32,3	29,4	32,1	27,5	32,8	27,8	32,5	27,4
		32,9	28,8	32,0	27,9	32,8	28,5	33,0	29,3	32,4	28,7
Minima		30,1	25,6	30,7	25,8	29,8	24,4	29,1	19,3	29,9	25,5
		29,2	23,2	25,2	23,2	27,5	22,7	27,2	22,7	27,5	23,5
		29,9	24,9	26,5	22,1	27,7	23,6	27,7	23,9	27,4	23,6
Spannweiten =Max.-Min.		4,6	7,1	4,0	6,1	4,7	6,0	5,3	14,9	5,0	8,7
		3,6	4,4	7,1	6,2	4,6	4,8	5,6	5,1	5,0	3,9
		3,0	3,9	5,5	5,8	5,1	4,9	5,3	5,4	5,0	5,1
Differenz vor-nach		4,1		4,0		4,4		4,3		3,5	
		5,7		5,1		5,5		5,5		5,4	
		4,4		4,3		4,4		4,4		4,1	
Residuenmittel		-0,03		0,04		-0,36		-0,22		0,56	
		+0,04		0,11		-0,17		-0,05		0,06	
		0,08		-0,09		-0,11		-0,03		0,16	
Standard-abweichung der Residuen		1,24		0,81		0,77		2,41		2,00	
		1,01		1,64		0,95		0,98		0,88	
		0,62		0,89		0,77		0,80		0,75	

Tab.11

Hauttemperaturen an der Zehe vor und nach dem Kaltwasserfußbad und hiervon abgeleitete Größen
Angaben in Grad C

Turn		1		2		3		4		5	
		vor	nach								
Mittel	VP 1	28,5	24,1	30,0	25,2	28,7	23,9	30,0	24,6	30,3	25,5
	VP 2	28,6	22,1	26,3	21,0	27,2	21,5	28,0	22,2	28,0	22,2
	VP 3	26,7	22,2	24,8	21,3	24,7	21,0	26,3	21,8	25,3	21,7
Standard-abweichung		2,18	2,20	2,07	2,02	2,29	2,17	2,30	2,83	2,38	2,72
		2,36	0,91	2,68	1,52	2,54	2,22	2,44	1,62	1,91	2,40
		1,93	1,81	2,15	2,14	2,65	2,07	2,67	1,72	2,40	1,78
Maxima		33,9	30,5	34,2	30,0	33,4	29,6	33,1	33,2	34,4	31,7
		31,6	24,4	31,3	24,6	34,0	30,8	31,7	25,1	30,9	32,0
		31,4	27,8	29,3	26,5	31,0	26,2	31,3	24,8	31,6	26,2
Minima		25,0	21,8	25,9	21,7	24,8	21,0	24,9	19,6	25,7	21,4
		24,4	20,4	21,7	18,5	23,8	19,0	23,6	19,4	23,0	19,6
		24,7	20,3	20,7	18,5	21,5	19,0	22,4	19,5	22,5	19,2
Spannweiten =Max.-Min.		8,9	8,7	8,3	8,3	8,6	8,6	8,2	13,6	8,7	10,3
		7,2	4,0	9,6	6,1	10,2	11,8	8,1	5,7	7,9	12,4
		6,7	7,6	8,6	8,0	9,5	7,2	8,9	5,3	9,1	6,7
Differenz vor-nach		4,4		4,8		4,8		5,4		4,8	
		6,5		5,3		5,7		5,8		5,8	
		4,5		3,5		3,7		4,5		3,6	
Residuenmittel		0,27		0,14		-0,15		-0,47		0,21	
		-0,25		-0,10		-0,08		0,21		0,22	
		-0,19		0,21		-0,03		-0,29		0,29	
Standardab-weichung der Residuen		0,89		0,83		0,89		2,62		1,86	
		1,02		0,65		1,39		0,88		2,09	
		1,32		1,28		0,49		0,73		0,72	

Tab.12

Regressionsbeziehung zwischen den beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserfußbad,für jeden Turn gesondert berechnet (n=28)

r = Korrelationskoeffizient

b = Steigung der Regressionsgeraden (°C/°C)

C = Achsenabschnitt auf der Y-Achse(=Hauttemperatur nach dem Bad)bei X = C (°C)

Gleichung der Regressionsgeraden: Y = b X + C

Turn		1	2	3	4	5
Wade:						
r	VP 1	0,64	0,88	0,80	0,84	0,77
	VP 2	0,67	0,53	0,70	0,48	0,61
	VP 3	0,68	0,92	0,76	0,66	0,80
b		0,69	0,72	0,48	0,53	0,57
		0,69	0,62	0,59	0,50	0,76
		0,58	1,16	0,88	0,83	0,79
C		5,15	4,36	11,68	10,57	8,94
		4,61	7,11	7,24	11,32	2,86
		8,52	-9,16	-0,76	0,75	2,21
Fußrücken:						
r		0,68	0,85	0,84	0,45	0,37
		0,56	0,25	0,69	0,84	0,54
		0,84	0,72	0,84	0,82	0,80
b		1,03	1,24	1,06	1,03	0,54
		0,77	0,22	0,75	0,89	0,50
		1,13	0,71	0,82	0,84	0,79
C		4,96	-11,81	-6,33	-5,11	11,78
		1,63	18,49	2,12	-2,09	9,99
		-8,31	4,41	1,10	0,59	2,22
Zehe:						
r		0,92	0,92	0,91	0,44	0,73
		0,58	0,51	0,81	0,84	0,50
		0,69	0,81	0,98	0,91	0,92
b		0,94	0,89	0,86	0,54	0,84
		0,23	0,51	0,70	0,56	0,62
		0,64	0,81	0,76	0,59	0,68
C		-2,52	-1,55	-0,93	8,55	0,15
		15,62	7,52	2,38	6,58	4,84
		5,00	1,21	2,13	6,34	4,53

Tab.13
Regressionsbeziehung zwischen den beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserfußbad über alle Turns gerechnet(n=140)

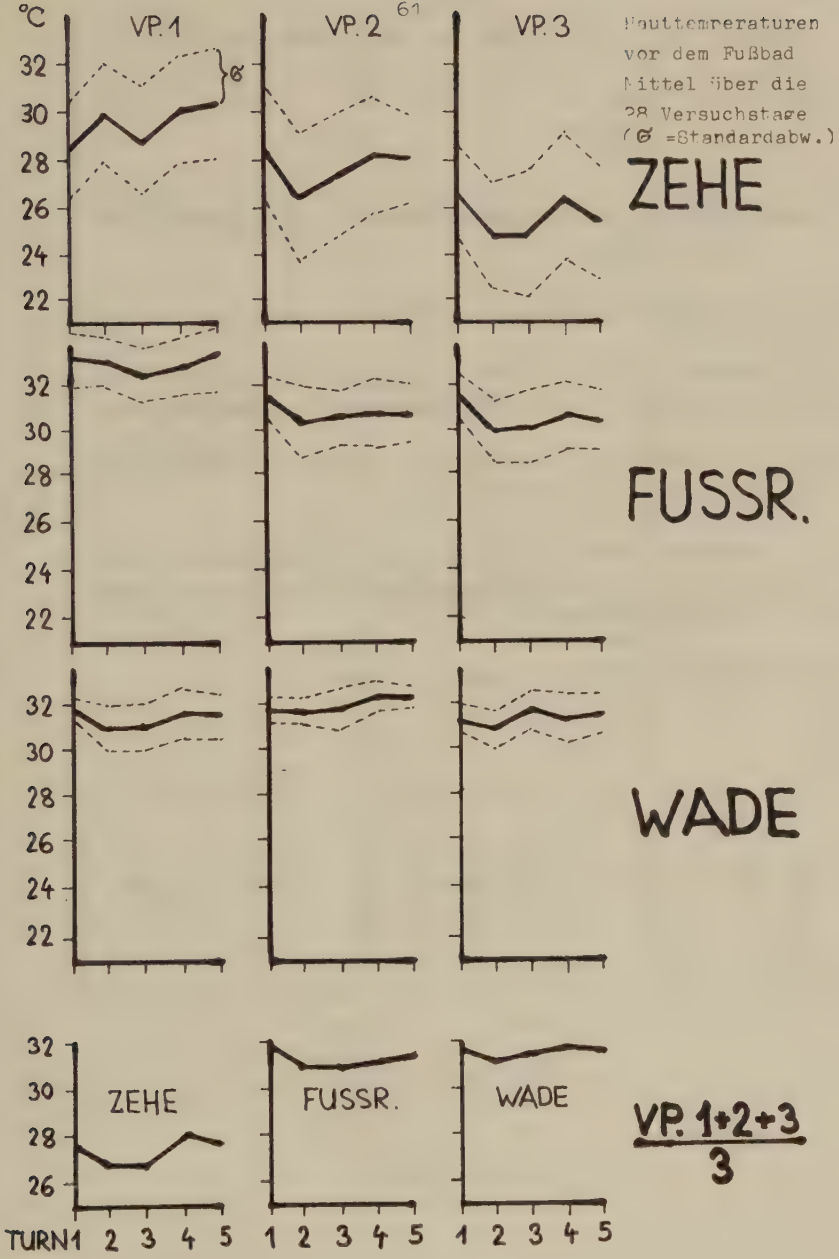
r = Korrelationskoeffizient
b = Steigung der Regressionsgeraden (°C/°C)
C = Achsenabschnitt auf der Y-Achse(=nach dem Bad),bei X = 0(°C)
Gleichung der Regressionsgeraden: y = b X + C

		Wade	Fußrücken	Zehe
r	VP 1	0,79	0,59	0,76
	VP 2	0,66	0,49	0,71
	VP 3	0,75	0,82	0,86
b		0,56	0,97	0,80
		0,72	0,49	0,53
		0,85	0,84	0,67
C		9,24	-3,15	1,05
		4,05	10,27	7,28
		0,35	0,65	4,45

Von dieser Regressionsbeziehung errechnete Residuenmittel aus VP (1+2+3) / 3,getrennt nach Turns (°C):

	Turn 1	Turn 2	Turn 3	Turn 4	Turn 5
Wade	-0,23	0,06	-0,01	0,10	0,08
Fußr.	0,03	0,02	-0,21	-0,10	0,26
Zehe	-0,06	0,08	-0,09	-0,18	0,24

Abb.22



Hauttemperaturen vor dem Fußbad Mittel über die 28 Versuchstage (σ =Standardabw.)

Kurvenmaterial zum Tagesgang der Wiedererwärmung (Abb.23)

———— Wade
— — — Fußrücken
. . . . . Zehe

1) Mittel der Hauttemperaturen vor dem Kaltwasserfußbad in Grad C (n=28)

2) Differenz aus der Hauttemperatur vor-nach dem Bad in ^{o}C

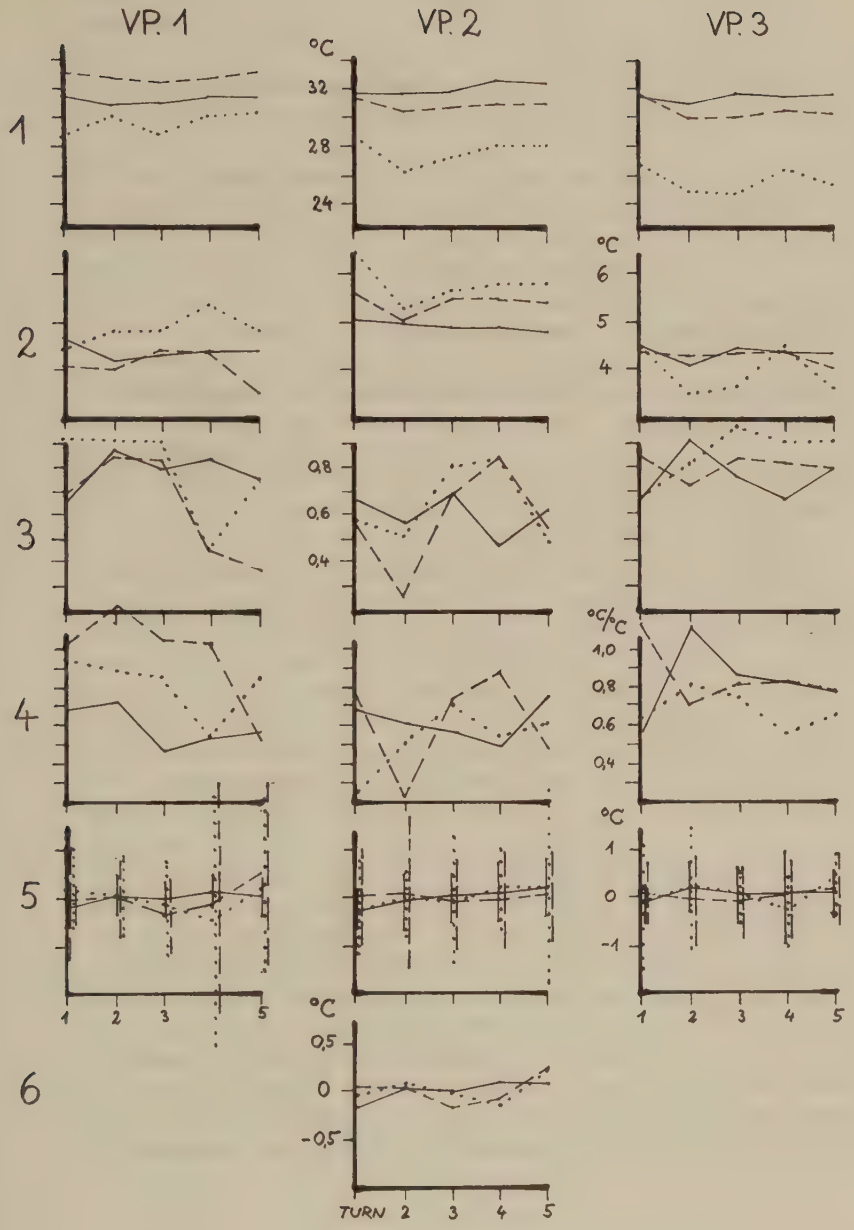
3) Korrelationskoeffizient zwischen den beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Bad gesondert berechnet für jeden Turn

4) Steigung b der für jeden Turn gesondert berechneten Regressionsgeraden in $^{o}C/^{o}C$

5) Residuenmittel mit den jeweiligen Standardabweichungen, berechnet nach einer Regressionsbeziehung für alle Turns gemeinsam(n=140) in ^{o}C

6) Residuenmittel über alle VP in Grad C.

Abb. 23


VP. 1
VP. 2
VP. 3
1
2
3
4
5
6
°C
32
28
24
°C
6
5
4
0,8
0,6
0,4
°C/°C
1,0
0,8
0,6
0,4
°C
1
0
-1
°C
0,5
0
-0,5
1
2
3
4
5
TURN

5. Ergebnisse

1)Temperaturverläufe von Turn zu Turn vor und nach dem Kaltwasserfußbad über 28 Versuchstage (Abb.4-8)

Die Temperaturverläufe von Turn zu Turn über die gesamte Versuchsdauer waren eigentlich gedacht zur Dokumentation der Ausgangsdaten für die weitere Auswertung.Man sieht aber bei Betrachtung dieser Kurven einige wesentliche Merkmale:

a,Die Temperatur nach dem Fußbad folgt meist annähernd parallel den Schwankungen der Temperatur vor dem Fußbad.Dies kann man bei allen VP und allen Meßgrößen beobachten.

b,Die Amplituden der Schwankungen beider Kurven sind bei allen VP bei der Zehe am größten,beim Fußrücken etwas kleiner und bei der Wade deutlich kleiner.

c,Vergleicht man besonders markante Kurvenpunkte (z.B.besonders hohe oder besonders tiefe Temperaturen) mit den Klimareizen, so wird man enttäuscht feststellen,daß im Einzelvergleich eine Reaktion auf die Klimareize kaum abzuleiten ist,da sich fast für jeden markanten Punkt nach einem bestimmten Reiz bei Kontrolle nach einem gleichen Reiz an anderen Tagen ein ähnlich markanter Punkt nicht findet.

d,Die Durchschnittstemperaturen scheinen von der Wade zum Fußrücken allenfalls leicht,zur Zehe deutlich abzunehmen.

e,Bei Betrachtung aus etwas größerem Abstand erkennt man außer den Tagesschwankungen auch Schwankungen über mehrere Tage. Mehr oder weniger deutlich ist dies bei allen Meßgrößen und allen VP der Fall.
Die Kurve von VP 1,Wade fällt z.B. vom Tag 1 bis zum Tag 8 leicht ab,steigt dann wieder leicht an bis Tag 12,bleibt bis Tag 18 auf dem Niveau,fällt wieder leicht ab bis Tag 24,um bis Versuchsende noch einmal leicht anzusteigen.
Eine ähnliche Charakteristik zeigt auch der Temperaturverlauf der Wade bei VP 2 und 3.Insbesondere läßt sich das erhöhte Niveau um den Tag 14 bei allen VP nachweisen.
Bei den distaleren Meßstellen sind die Schwankungen über mehrere Tage etwas schwerer zu erkennen,da sie von den zunehmenden Tagesschwankungen verdeckt werden.Man sieht sie aber noch gut

bei VP 3,Fußrücken,wo nach etwa gleichbleibendem Niveau bis Tag 13 ein leichter Abfall bis Tag 19/20 erfolgt.Die Kurve bleibt bis Tag 23 auf dem niederen Niveau und steigt bis zum Versuchsende leicht an.
Als Beispiel für einen Temperaturverlauf am Zeh möge die VP 1 dienen.Einem gleichbleibenden Niveau bis Tag 6 folgt ein Abfall bis Tag 9,ein Anstieg bis Tag 10,ein erneutes Abfallen bis Tag 13,ein Anstieg bis etwa Tag 20,ein kurzes hohes Niveau bis Tag 22,ein steiler Abfall bis Tag 23,ein steiler Anstieg von Tag 25 nach Tag 26,von wo aus die Kurve bis Versuchsende auf etwa gleichem Niveau bleibt.

5.2. Die Residuenverläufe über die 28 Versuchstage (Abb.9-17)

Auch hier gilt im wesentlichen das Gleiche,wie für die Hauttemperaturverläufe,nämlich:
a)Die Tagesschwankungen sind bei allen VP bei der Wade am geringsten.Beim Fußrücken und bei der Zehe sind sie etwa gleich groß.
b)Beim Vergleich besonders markanter Punkte mit Klimareizen kommt man auch hier zu keinem brauchbaren Ergebnis.
c)Auch bei den Residuen scheint es Schwankungen über mehrere Tage zu geben:
VP 1,Wade:Nur ganz leichte Schwankungen,leichter Abfall von Tag 1 bis Tag 12,leichter Wiederanstieg ab Tag 17 und gleichbleibendes Niveau bis Versuchsende.
VP 2,Wade:Deutlichere Schwankungen,als bei VP 1,leichter Abfall von Tag 1 bis Tag 7,Anstieg bis Tag 9,Abfallen bis Tag 15,Ansteigen bis Tag 18,gleiches Niveau bis Tag 22 und leichter Anstieg bis Versuchsende.
Einen ähnlichen Verlauf zeigen auch der Fußrücken und die Zehe.

5.3. Klimaeinflüsse

5.3.1. Vergleich der Quotienten der Symbolgebung relativ zum Mittel bzw.relativ zum Vorturn von Klimareiz-mit Nichtklimareiztagen (Tab.1-4 und Abb.18-21)

Aus den in Listen zusammengefaßten Symbolen wurden zwei verschiedene Quotienten gebildet,nämlich ein Quotient,bei dem im Zähler die Summe der Symbole"+" und im Nenner die Summe der Symbole"-" steht(im Folgenden kurz mit +/- bezeichnet).
Zum zweiten wurde ein Quotient gebildet,bei dem im Zähler die Summe der Symbole"O" und im Nenner die Summe der Symbole"+"und "-" steht(im Folgenden kurz mit O/+- bezeichnet).
Es wurden nun die Quotienten der jeweiligen Klimareiztage mit denen der Nichtklimareiztage verglichen.Unterschied sich der Quotient bei allen VP wenigstens in der zweiten Stelle hinter dem Komma in gleicher Richtung vom Quotienten an Nichtreiztagen, bekam das betreffende Kästchen in der graphischen Darstellung (Abb.18 und 19)einen Punkt bzw.ein kleines Quadrat eingetragen.
Die Nichtreiztage wurden nach den gleichen Kriterien mit der Gesamtheit aller Versuchstage verglichen.
Da das In-gleicher-Richtung-Abweichen aller VP am ehesten eine Antwort auf die Klimareize darstellen könnte,wurden diese"Reizantworten" mittels des Vierfeldertests näher untersucht,um abschätzen zu können,wie groß die Wahrscheinlichkeit eines rein zufälligen Abweichens der Quotienten ist.
Bei n kleiner/gleich 60(n ist die Summe beider Zähler und beider Nenner der zu vergleichenden Quotienten) wurden die Tabellen in "Tabellen Geigy"(24)benützt,bei n größer 60 die Gleichung: $x^2 = \frac{(ad-bc)^2(a+b+c+d)}{(a+b)(a+c)(d+c)(b+d)}$.Man erhält damit eine Aussage,mit welcher Irrtumswahrscheinlichkeit die Hypothese angenommen werden kann,die beiden Quotienten unterschieden sich nicht nur zufällig voneinander.Da von vornherein vermutet werden mußte,daß eine Signifikanz im üblichen Sinne nicht erwartet werden konnte und es uns auf eine groborientierende Einschätzung der Ergebnisse ankam, wurde p = 0,2 gewählt.War die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner/gleich 20 %,wurde der Punkt bzw.das Quadrat in der graphischen Darstellung(Abb.18 und 19) umrahmt.

5.3.1.1. Hauttemperaturen,Symbole relativ zum Mittel,+/-
(Tab.1 und Abb.18)

Unmittelbar nach dem Klimareiz d.h.in Turn 2 wurden bei der Wade und beim Fußrücken bei allen VP nach Warmreiz öfter höhere als tiefere und bei Kaltreiz öfter tiefere als höhere Temperaturen gemessen.Das für den Kaltreiz Gesagte gilt auch für die Zehe.
Trockenreiz wirkt bei der Wade und beim Fußrücken wie Kaltreiz, Feuchtreiz bei Fußrücken und Zehe wie Warmreiz.
Beim Kaltreiz in Turn 2 bei allen Meßgrößen und beim Warmreiz beim Fußrücken ist die Wahrscheinlichkeit eines nur zufälligen Ergebnisses kleiner/gleich 20 %.
In Turn 1 neigen alle VP und alle Meßgrößen mit Ausnahme von Wade,Warmreiz und Fußrücken,Kaltreiz zu größeren Quotienten nach allen Klimareizen.

5.3.1.2. Symbolgebung relativ zum Vorturn,+/- (Tab.2 und Abb.18)
Turn 2
Nach Kaltreiz sind bei allen Meßgrößen und VP die Quotienten kleiner;kleiner sind sie aber auch für die Zehe nach Warmreiz.
Im übrigen scheinen die Symbole für gleiches Abweichen der Quotienten eher zufällig verteilt.

5.3.1.3. Symbolgebung relativ zum Mittel,Quotient C/+-
(Tab.1 und Abb.18)

Ein Punkt bedeutet:Der Quotient ist größer,d.h. die Meßgröße ist stabiler als an Nichtreiztagen.Umgekehrt bedeutet ein Rechteck,der Quotient ist kleiner,d.h.die Meßgröße verhält sich labiler als an Nichtreiztagen.
Insgesamt scheinen auch hier die Symbole eher zufällig verteilt. Auffällig ist die Häufung gleicher Abweichung der Quotienten nach unten,d.h. zu labilerem Verhalten der Meßgrößen nach den Temperaturreizen vor allem beim Fußrücken urd bei der Wade.

5.3.1.4.Hauttemperaturen,Symbolgebung rel.zum Vorturn,C/+-
(Abb.18 und Tab.2)
Wie beim vorausgehenden Quotienten C/+-,Symbole relativ zum Mittel überwiegen auch hier nach allen Klimareizen die kleineren Quotienten,d.h. ein labileres Verhalten aller Meßgrössen(4 größere und 14 kleiner Quotienten!).Diese scheinen aber ebenfalls eher zufällig verteilt zu sein.

5.3.1.5. Residuen,Symbolgebung relativ zum Mittel,+/-
(Tab.3 und Abb.19)
Bei den Residuen wirkt das Gesamtbild noch uneinheitlicher als bei den Hauttemperaturen.Irgendwelche allgemein verbindliche Aussagen lassen sich nicht machen.Die "Reaktionen" auf die Klimareize scheinen zufällig verteilt.Irgendwelche Aussagen kämen einer bloßen Aufzählung der einzelnen Reaktionen gleich. Dies trifft auch zu für:

5.3.1.6 Symbolgebung relativ zum Vorturn,+/- (Tab.4 und Abb.19)
und
5.3.1.7 Symbolgebung relativ zum Mittel,C/+- (Tab.3 und Abb.19)
und
5.3.1.8 Symbolgebung relativ zum Vorturn,C/+-(Tab.4 und Abb.19)

5.3.1.9 Graphische Darstellung der Quotienten im Verlauf von Turn zu Turn (Abb.20 und 21)

Zur besseren Übersichtlichkeit wurden alle Quotienten auch graphisch dargestellt in ihrem Verlauf von Turn zu Turn.Die Darstellung spricht an sich für sich,muß aber in folgender Weise interpretiert werden:Den Quotienten zugrunde liegen die Summen aller VP,d.h. man weiß nicht ,ob sich eine einzelne VP auch wirklich so verhält,wie der Quotient aller VP.
Aus dem Verlauf von Turn zu Turn des Quotienten darf man nur unter großem Vorbehalt auf einen Tagesgang der untersuchten Meßgrößen schließen(komplizierte Ableitung der Quotienten mit möglichen Fehlerquellen).Einzige Aussage dieser Graphik liegt

im Tagesgang der Quotienten nach Klimareiz relativ zum Tagesgang ohne Klimareiz bzw. zum Tagesgang aller Tage.
Da den Quotienten verschieden große Symbolsummen zugrunde liegen(z.b. sehr kleine Summen bei Feuchtreiz),kann man auch die absolute Höhe der Abweichungen von den Nichtreiztagen nicht verwerten.

5.3.2. Vergleich des synchronen bzw. nicht synchronen Verhaltens der Meßgrößen und VP an den Klimareiztagen im Vergleich mit den Nichtreiztagen (Tab.5-8)

Beim Vergleich des synchronen bzw. nicht synchronen Verhaltens wurden zum einen die 3 Meßgrößen zusammengefaßt und das Verhalten der VP verglichen,zum anderen die VP zusammengefaßt und das Verhalten der Meßgrößen geprüft.
Auch hier wurden Quotienten(aus gleichem Verhalten im Zähler und nicht gleichem Verhalten im Nenner)gebildet.Die Häufigkeit gleichen Verhaltens wurde mit der Häufigkeitswahrscheinlichkeit bei theoretischer Unabhängigkeit verglichen.Es wurden weiter die Quotienten an Klimareiztagen mit denen an Nichtreiztagen verglichen.Unterschieden sich diese wenigstens in der zweiten Stelle hinter dem Komma,wurde nach dem Vierfeldertest geprüft, inwieweit dem Unterschied statistische Aussagekraft zukommt.
Als Hinweis auf mögliche Zusammenhänge wurde gewertet,wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner/gleich 20% betrug.Diese Felder wurden in der Auflistung optisch durch Umrahmung hervorgehoben.
Es lassen sich folgende Aussagen machen:

5.3.2.1. Auch an den Nichtreiztagen verhalten sich sowohl die drei Meßgrößen,als auch die drei VP häufiger gleich,als man bei theoretischer Unabhängigkeit voneinander erwartet.

5.3.2.2. Beim Vergleich der Temperaturreize(=Warm-und Kaltreize) und der Feuchtereize(=Trocken-und Feuchtreize) mit den Nichtreiztagen fällt auf,daß

a) bei den Hauttemperaturen,Symbole relativ zum Mittel,sich die VP sowohl bei den Temperatur-,als auch bei den Feuchtereizen öfter gleich verhalten,als an den Nichtreiztagen.(Tab.5)

Dieser möglicherweise durch die Klimareize bewirkte Synchronisationseffekt ist in Turn 2 und 3 nachweisbar,beim Vergleichspaar VP 2 u.3 sogar bis Turn 4 (Temperaturreiz) bzw.Turn 1 (Feuchtereiz).
b)Bei den Hauttemperaturen,Symbolgebung relativ zum Vorturn wird das Ergebnis von a) bestätigt.Der Synchronisationseffekt ist aber um einen Turn nach hinten verschoben,d.h. Turn 2 bis Turn 4(Ausnahme:Turn 2,VP 1 u.2,Temperaturreize)
c) Bei den Residuen,Symbolgebung relativ zum Vorturn,ist im Meßgrößenvergleich in Turn 2 kein erkennbarer Einfluß der Klimareize vorhanden.Beim Paar Fußrücken und Zehe und beim Dreierpaar Wade,Fußrücken und Zehe aber ist in Turn 3 und 4 ein deutlicher Synchronisationseffekt erkennbar.Beim Paar Wade und Fußrücken sieht man diesen Effekt in Turn 4 und 5 nach Feuchtereiz und in Turn 5 nach Temperaturreiz.
d)Sowohl bei den Hauttemperaturen als auch bei den Residuen werden auch kleinere Quotienten als an den Vergleichstagen beobachtet,dh.man könnte hier von einem Desynchronisationseffekt sprechen.

5.3.2.3. Zählt man alle Vergleichspaare zusammen (Temperaturen und Residuen),bei denen die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner oder gleich 20 % beträgt,daß das Ergebnis wirklich durch Klimareize ausgelöst wurde,so sieht man,daß diese nicht gleichmäßig über alle Turns verteilt sind.
Von jeweils 32 Vergleichspaaren pro Turn und Reizart sind es:

Turn	T2	T3	T4	T5	T1
Temperaturreiz	7	12	8	4	6
Feuchtereiz	11	16	13	6	6

Man erkennt einen Gipfel bei Turn 3,ein Abfallen nach Turn 2 und Turn 4,einen weiteren Abfall nach Turn 5 und 1,wobei sich Turn 5 und 1 nur leicht unterscheiden.

5.3.2.4. Beim Vergleich der Meßgrößenpaare untereinander fällt auf,daß sich alle Paare etwa gleich häufig gleichartig verhalten, d.h.,daß sich z.B. das Paar Wade und Zehe nicht weniger oft gleich verhält,als die beiden Paare Wade und Fußrücken bzw.Fußrücken und Zehe,obwohl diese Paare topographisch näher zusammenliegen.

5.4. Tagesgang (Verlauf von Turn 1 bis Turn 5) der Meßgrößen

5.4.1. Tagesgang der Hauttemperaturen (Abb.22)

5.4.1.1. Bei allen Meßgrößen und allen VP findet sich ein deutlicher Tagesgang,der bei uns aber nur von Turn 1 bis Turn 5 d.h. von ca.7 Uhr bis ca. 17^{30} Uhr verfolgt werden kann.Dieser Ausschnitt aus dem 24-Stunden-Tagesgang fällt zwar bei jeder Meßgröße und bei jeder VP etwas unterschiedlich aus,entspricht im Mittel der VP und Meßgrößen aber recht gut dem in der Literatur beschriebenen(1,19).
5.4.1.2. Betrachtet man das erwartete Temperaturgefälle von der kernnahen zur kernferneren Meßstelle,so sieht man,daß zwar die Durchschnittstemperatur der Zehe bei allen VP und in allen Turns niedriger ist,als beim Fußrücken,daß aber die Fußrückentemperatur etwa der der Wade entspricht.Bei VP 1 liegt sie im Schnitt über der Wadentemperatur.Nur VP 3 zeigt das erwartete Temperaturgefälle Wade-Fußrücken-Zehe.
5.4.1.3. Entsprechend der größeren Regulationsbreite der kernferneren Meßstellen nehmen die Standardabweichungen(im wesentlichen Ausdruck der Tagesschwankungen) von der Wade über den Fußrücken zur Zehe zu.Entsprechend werden auch die Spannweiten (Maximum-Minimum) von der Wade zur Zehe größer.
5.4.1.4. Auch bei der Standardabweichung scheint ein Tagesgang vorzuliegen.Bis auf eine Ausnahme(VP 2,Zehe) sind die Standardabweichungen in Turn 1 kleiner,als in Turn 5.Das bedeutet,daß die Hauttemperaturen morgens weniger labil als abends sind.

5.4.2. Tagesgang der Wiedererwärmung (Abb.23)

Das Ergebnis liegt als graphische Darstellung vor,in welcher verschiedene Mittelwerte getrennt nach Turns aufgetragen sind, und zwar von oben nach unten:
Hauttemperaturmittelwerte(vor dem Kaltwasserfußbad)(in Grad C)(1).

Die Differenz der Mittelwerte der Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserfußbad(in Grad Celsius)(2).
Der Korrelationskoeffizient zwischen den Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserbad(ohne Benennung)(3).
Die Steigung der Regressionsgeraden(=Regressionskoeffizient)(4).
Die Residuenmittelwerte mit ihren Standardabweichungen von einer für jede VP und Meßgröße getrennt,für alle Turns gemeinsamen Regressionsgeraden(in Grad Celsius)(5).
Die Residuenmittelwerte aller VP gemeinsam(in Grad Celsius)(6).

5.4.2.1. Hauttemperaturen vor dem Kaltwasserbad (Abb.23,1)

Die VP unterscheiden sich kaum in der Wadentemperatur,die bei VP 2 am größten ist,wohl aber in der Fußrücken-und noch mehr in der Zehentemperatur.Die Fußrückentemperatur liegt bei VP 1 sogar über der der Wade,die Zehentemperatur nur etwa 1 Grad C unter der der Wade.D.h. alle 3 Meßgrößen liegen relativ eng beisammen.VP 2 und VP 3 haben beide etwa die gleiche Fußrückentemperatur,welche ungefähr 1 Grad C unter der Wadentemperatur liegt.Die Zehentemperatur ist bei VP 1 am höchsten,bei VP 3 am niedrigsten.VP 1 hat somit die kleinsten,VP 3 die größten Spannweiten zwischen den Meßgrößen.
Sucht man nach gemeinsamen Merkmalen im Tagesgang,so kann man bei Fußrücken und Zehe bei allen VP eine Senke in Turn 2 oder 3 beobachten.

5.4.2.2 Differenz der Mittelwerte der Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserbad($Temp._{vor}$-$Temp._{nach}$) (Abb.23,2)

Hier fällt VP 2 auf,die mit allen Meßgrößen deutlich über den beiden anderen VP liegt.Am größten ist die Differenz bei der Zehe,am kleinsten bei der Wade.VP 1 und 2 unterscheiden sich vor allem in der Zehe,deren Differenz bei VP 1 über und bei VP 3 unter der von Wade und Fußrücken liegt.Die Fußrückendifferenz bei VP 1 ist im Schnitt kleiner als die der Wade,bei VP 3 etwa gleich groß.

Für alle VP gilt grundsätzlich:Je höher die Ausgangstemperatur, um so größer die Differenz der beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Fußbad.Dies gilt aber nur für den Vergleich der Tagesgänge gleicher Meßgrößen und drückt sich auch im Regressionskoeffizienten aus,der kleiner als 1 ist.
Vergleicht man aber die Meßstellen miteinander,so findet man vor allem bei VP 1 und 2 eine umgekehrte Abhängigkeit:Je höher die durchschnittliche Meßgrößentemperatur,um so kleiner die Differenz,d.h.z.B. für VP 2,daß die Wade die höchsten Hauttemperaturen und die kleinsten Differenzen zwischen der Temperatur vor und nach dem Fußbad hat.Genau umgekehrt verhält es sich bei der Zehe. Bei VP 3 ist dies am engen Zusammenrücken der Meßgrößen bei den Differenzen im Vergleich zu den Temperaturen angedeutet.
Zum Tagesgang der Differenz der beiden Hauttemperaturen ist zu sagen,daß dieser bei allen Meßgrößen den Tagesgang der Hauttemperaturen mehr oder weniger modifiziert wiedergibt.

5.4.2.3. Korrelationskoeffizient zwischen den Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserfußbad:"r" (Abb.23,3)

VP 3 hat durchschnittlich leicht höhere r-Werte als VP 1 und 2. Gemeinsamkeiten des Tagesgangs im VP-oder Meßgrößenvergleich lassen sich kaum finden.Es fällt aber auf,daß der Tagesgang oft spiegelbildlich zum Tagesgang der Differenz der Hauttemperaturen vor und nach dem Fußbad verläuft,d.h.,daß für die Zehe von VP 1 Turn 4 z.B. die Differenz ein Maximum,"r" ein Minimum hat.

5.4.2.4. Der Regressionskoeffizient (Abb.23,4)

Die Steigung der Regressionsgeraden(=Regressionskoeffizient= Tangens des Steigungswinkels)wurde getrennt für jede Meßgrösse,VP,jeden Turn über 28 Versuchstage errechnet.
Bis auf die Wade,bei der VP 1 noch etwas kleinere Steigungen hat,zeigt die Regressionsgerade bei VP 2 für alle Meßgrößen im Schnitt über die Turns kleinere Steigungen als die von VP 1 und 2.Im Vergleich der Meßstellen zueinander läßt sich feststellen, daß sämtliche Reihenfolgen der Steigungsgröße vorkommen,z.B. VP 1:fast durchwegs Wade-Zehe-Fußrücken,VP 2,Turn 2:Fußrücken-

Zehe-Wade,oder VP 3,Turn 3:Zehe-Fußrücken-Wade(Reihenfolge von kleinen zu großen Steigungen).Im deutlich erkennbaren Tagesgang,dessen Zufallsanteil sich so aber nicht abschätzen läßt,lassen sich kaum Gemeinsamkeiten finden.Er folgt aber oft recht genau dem Tagesgang des Korrelationskoeffizienten.

5.4.2.5. Residuenmittelwerte mit ihren Standardabweichungen von einer für jede VP und Meßgröße getrennt,für alle Turns gemeinsam errechneten Regressionsgeraden

Auffällig sind zuerst die relativ zur Standardabweichung geringen Schwankungen von Turn zu Turn.Die Standardabweichung ist bei der Wade durchwegs am kleinsten.Die Meßgrößen neigen mit einer Ausnahme(Zehe,VP 1) zum Anstieg von Turn 1 nach Turn 5, meist mit einer leichten Senke in Turn 3 und/oder Turn 4. Nimmt man die Mittel der 3 VP,so wird dieser Tagesgang noch etwas deutlicher.Der Tagesgang verläuft meist spiegelbildlich zu dem der Differenz der beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Fußbad.

6.Besprechung der Ergebnisse

6.1.und 6.2. Hauttemperaturverläufe und Residuenverläufe von Turn zu Turn über 28 Versuchstage

Daß die Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserfußbad annähernd parallel verlaufen und daß bei direktem Vergleich der Verläufe mit den Klimareizen keine Aussagen über Klimaeinflüsse möglich sind,ging bereits in die weitere Auswertung der Rohdaten ein.Die in der Literatur (1,40) beschriebenen Phänomene werden bestätigt:Es besteht ein Temperaturgefälle bei nicht zu hoher Umgebungstemperatur von proximal(Wade) nach distal(Zehe), wobei die Meßstellen Fußrücken,Wade bei unserem Versuch nicht weit genug auseinander zu liegen scheinen,um ein deutliches Temperaturgefälle sehen zu können.Auch der bei allen Meßgrößen

erkennbare Tagesgang bestätigt(wenigstens im Mittel über alle Meßgrößen und VP)den bei Aschoff beschriebenen("Aufheizeffekt, "Entwärmungseffekt"),jedoch ist trotzdem erstaunlich,wie groß die Unterschiede von Meßgröße zu Meßgröße,von VP zu VP und wie groß vor allem auch die interindividuellen Unterschiede im Tagesgang(auch an Tagen ohne Klimareiz!) sind.Es finden sich z.B. Tage,an denen ohne erkennbare Ursache(kein Klimareiz) der Tagesgang einer oder mehrerer Meßgrößen,einer oder mehrerer VP völlig anders aussieht,als der im Mittel aller Versuchstage. Konsequenz davon kann nur sein,daß zur Ermittlung von Tagesgängen irgendwelcher physiologischer Größen unbedingt Messungen über mehrere Tage notwendig sind.
Eigenartig sind die Schwankungen der Verläufe über mehrere Tage, welche ja nicht mit den Klimareizen zusammenzuhängen scheinen. Eine Erklärung für diese Schwankungen findet sich nicht,doch seien zwei Hinweise erlaubt,nämlich daß sich auch für die Schwankungen im Tagesgang kein Grund findet und daß Messungen physiologischer Größen beim Menschen über einen Zeitraum von etwa einem Monat sehr selten durchgeführt worden sind(z.B.Aschoff,zur Ermittlung individueller biologischer Rhythmen).
Da bei uns Schwankungen über mehrere Tage vorkommen,muß man vor allem auch jene Untersuchungen(20)kritisch sehen,in deren Verlauf es zu einer Normalisierung oder Änderung bestimmter physiologischer Funktionen gekommen ist.Es könnte sich um solche Schwankungen mit sehr großer Wellenlänge handeln.
Es wäre auf jeden Fall interressant,künftige Versuche(falls von den VP her durchführbar)über einen noch längeren Zeitraum als bei uns durchzuführen.Vergleicht man die VP miteinander,so scheinen Ähnlichkeiten in den Schwankungen eher zufällig.

6.3. Klimaeinflüsse

6.3.1. Vergleich der Quotienten der Symbolgebung relativ zum Mittel bzw.relativ zum Vorturn von Klimareiz- mit Nichtklimareiztagen

Beim ersten orientierenden Überblick über die schematisch zusammengefaßten möglichen Reaktionen auf die Klimareize fällt

auf,daß ein systematischer Zusammenhang in der Verteilung dunkler(=kleinerer Quotient) und heller(=größerer Quotient) Kästchen nicht vorzuliegen scheint.Es fällt aber auch auf, daß viele Kästchen einen runden oder rechteckigen Punkt tragen,welcher bedeutet,daß alle VP sich gleichartig im Quotientenvergleich unterscheiden.
Bei rein zufälligem Reagieren von 3 VP bei zwei möglichen Reaktionen(der relativ seltene Fall eines gleichen Vergleichsquotienten,erkenntlich am halb dunkel,halb hellen Kästchen, wurde außer Acht gelassen) reagieren die VP in 25% aller Fälle in gleicher Richtung.Für unsere Quadrate mit 25 Kästchen (5 unterschiedliche Klimareize+Nichtklimareiztage X 5 Turns) bedeutet dies,daß pro Quadrat im Schnitt etwa 6,25(=$25 \times \frac{1}{4}$) Kästchen einen runden oder rechteckigen Punkt tragen sollten. Diese Zahl wird in den meisten Fällen überschritten.
Da die Versuchsbedingungen bis auf die Klimareize konstant waren,bedeutet dies entweder eine mögliche Reaktion der VP auf die Klimareize oder eine Synchronisation der VP durch andere auf sie einwirkende Faktoren(welche aber nicht gewollt sind).Um die Frage zu klären,inwieweit an der überzufällig häufigen gleichartigen Reaktion (=Unterschied der Vergleichsquotienten wenigstens in der zweiten Stelle hinter dem Komma) der VP die Klimareize ursächlich beteiligt sind,wurde,wie oben besprochen,ausgewertet,wie häufig 2 bzw.3 der VP oder Meßgrössen das gleiche Symbol tragen(+,0,-),und zwar getrennt nach Klimareiz-und Nichtklimareiztagen.Diese Auswertung wird weiter unten (unter 6.3.2.) besprochen.
Zur Abschätzung der Zufälligkeit bzw. Nichtzufälligkeit(=Reaktion) der Verteilung heller und dunkler Kästchen bieten sich mehrere Möglichkeiten an:

a) Vergleich mit theoretischen Prüfverteilungen
b)Vergleich mit bereits gesicherten Ergebnissen
c) Vergleich der "Reaktionen" auf gegensätzliche Reizqualitäten Warm/Kalt oder Trocken/Feucht.
d) Vergleich des oben erwähnten Verhaltens der drei VP oder auch der Meßgrößen zueinander.

ad a) Ein Vergleich mit theoretischen Prüfverteilungen bietet sich da an,wo eine genügend große Zahl von Einzeldaten zur Verfügung steht.Das ist bei uns nicht der Fall,d.h.eine Signifikanz von Ergebnissen mit einer Signifikanzschranke,wie sie bei medizinischen oder pharmakologischen Untersuchungen gefordert wird, kann nur bei sehr drastischen und regelmäßigen Auswirkungen erwartet werden.Setzt man die Signifikanzschranken sehr großzügig, so kann man zwar nicht mehr von Signifikanz im Sinne von aussagekräftig sprechen,wohl aber die Wahrscheinlichkeit grob abschätzen,mit der das Ergebnis zufallsbedingt ist.
Untersucht wurden bei uns nach dieser Methode(mittels des Vierfeldertests,s.o!)die Fälle,in denen alle VP im Quotienten gleichartig von den Nichtreiztagen abwichen.War die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner oder gleich 20 % (daß das Ergebnis zufallsbedingt ist),wurde der entsprechende Punkt umrahmt.Etwa ein Viertel bis etwa die Hälfte aller Punkte erhielten eine Umrahmung.

ad b)Der Vergleich mit bereits gesicherten Ergebnissen scheitert größtenteils daran,daß über den Einfluß kurzzeitiger Klimareize auf die Hauttemperaturen oder auf die Wiedererwärmung keine Ergebnisse vorliegen.Bekannt ist lediglich das Zusammengehen der Hauttemperatur mit der Umgebungstemperatur und es gibt Hinweise für ein Ansteigen der Hauttemperaturen mit steigender Luftfeuchte (37,39).Direkt vergleichen lassen sich folglich nur die Kästchen der Hauttemperaturen(Abb.18)unmittelbar nach dem Klimareiz (d.h.Turn 2).Im Wesentlichen werden die gesicherten Ergebnisse bestätigt:Bei den Hauttemperaturen,Symbole relativ zum Mittel, +/-,Turn 2,liegen die Temperaturen an Wade,Fußrücken und Zehe nach Warmreiz öfter über als unter den Temperaturen bei Nichtreiz.Bei Kaltreiz verhalten sie sich gerade umgekehrt.Unmittelbar nach Trockenreiz verhielten sich die Hauttemperaturen wie nach Kaltreiz.Bei Feuchtreiz verhielten sich alle VP am Fußrücken und an der Zehe wie nach Warmreiz.Die Wade reagierte bei allen VP im Gegensatz dazu genauso wie beim Trockenreiz.

Diese Übereinstimmung mit gesicherten Ergebnissen da,wo vergleichbar(mit Ausnahme der Wadenhauttemperatur nach Feuchtreiz), bedeutet natürlich keineswegs einen Beweis für die Nichtzufälligkeit der nicht überprüfbaren übrigen Ergebnisse (Residuen!), wohl aber einen Hinweis zur Abschätzung der Zufälligkeit.

ad c) Als weiterer Hinweis auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse könnte das gehäuft diametrale Verhalten der Quotienten auf entgegengesetzte Klimareize gelten.In der Annahme, daß dieser Effekt sich am wahrscheinlichsten kurze Zeit nach den Klimareizen auswirken dürfte,wurden die Turns 2 und 3 zusammen ausgezählt und den Turns 4,5 und 1 gegenübergestellt.

"Abweichen in verschiedener Richtung"heißt:Nach entgegengesetzten Reizqualitäten (z.B.Warm-Kalt) ist der Quotient aus den Symbolen(+,0,-) einmal größer und einmal kleiner als der Vergleichsquotient an Nichtreiztagen.Gewertet wurde ein Unterschied der Quotienten,wenn sich diese wenigstens in der 2.Stelle hinter dem Komma unterschieden.

"Abweichen in gleicher Richtung"heißt:Nach entgegengesetzten Reizqualitäten weicht der Quotient beide Male in gleicher Richtung von dem an Nichtreiztagen ab.

Turn 2 und 3 verschiedene Richtung/gleicher Richtung

Hauttemperaturen,Symbole relativ zum Mittel,+/-.

Warm-Kalt	5 / 1
Trocken-Feucht	3 / 3

Turn 4,5,1

Warm-Kalt	5 / 3
Trocken-Feucht	3 / 6

Residuen,Symbole relativ zum Mittel,+/-.

Turn 2 und 3

Warm-Kalt	6 / 0
Trocken-Feucht	4 / 2

Turn 4,5,1

Warm-Kalt	1 / 8
Trocken-Feucht	2 / 7

Wie man sieht,überwiegen in Turn 2,3 im Vergleich zu Turn 4,5,1 bei den Hauttemperaturen und noch deutlicher bei den Residuen die Reaktionen in verschiedener Richtung.
Faßt man eine Reaktion in verschiedener Richtung als mögliche Auswirkung auf die Klimareize auf(wobei ein Abweichen der Quotienten in gleicher Richtung natürlich ebenso durch die Klimareize bewirkt sein könnte),so könnte man aus der Tatsache,daß zwischen Turn 3 und 4 in etwa die Grenze zwischen überwiegend verschiedenen und überwiegend gleichen Reaktionen zu liegen scheint,Rückschlüsse auf die Einflußdauer der Klimareize ziehen.

ad d) Nimmt man an,daß alle VP auf ein und die gleiche Klimareizqualität in gleicher Weise reagieren,so kann man umgekehrt auch bei gehäuftem gleichem Abweichen vom Mittel aller VP auf einen Einfluß von Außen schließen.
Die gleiche Hypothese könnte man auch für das Verhalten der 3 Meßgrößen aufstellen.Wegen der unterschiedlichen Entfernung zum Körperkern beteiligen sich diese jedoch verschieden stark(und möglicherweise mit unterschiedlichen Mechanismen)an der Wärmeregulation,so daß z.B.ein gehäuftes diametral verschiedenes Abweichen vom Mittelwert ebenfalls eine Auswirkung auf einen Reiz von Außen darstellen könnte.
Wie bereits weiter oben besprochen,verhalten sich die 3 VP häufiger als zufällig in Bezug auf ihre Quotienten der Symbole+,O,- gleichartig.Dies trifft auch für die 3 Meßgrößen zu.Gleiches Verhalten der VP ist etwa gleichmäßig über alle Turns verteilt(runde und rechteckige Punkte im Schema).

Es stellen sich deshalb folgende Fragen:
Sind die 3 VP wirklich völlig unabhängig voneinander oder gibt es außer den Klimareizen noch andere synchronisierende Faktoren?
Ist das überzufällige Gleichgehen der 3 Meßgrößen nur Ausdruck ihrer gegenseitigen Abhängigkeit oder wirkt sich hier auch ein synchronisierender Einfluß von Außen aus?
Die beiden Fragen stellen sich vor allem deshalb,weil es unwahrscheinlich,wenn auch nicht unmöglich ist,daß sich ein mög-

licher Klimaeinfluß gleichmäßig über 12 Stunden auswirkt.Und das wäre ja die logische Folgerung einer gleichmäßigen Verteilung gleicher Reaktionen auf alle Turns.
In Beantwortung der ersten Frage lassen sich außer den Klimareizen folgende möglicherweise synchronisierend wirkende Faktoren finden:

Klimaeinfluß des Außenklimas(z.B.Luftdruck)
psychosomatische Faktoren

Psychosomatische Faktoren wurden zwar möglichst klein gehalten, lassen sich aber wohl nie ganz ausschalten,wenn 3 VP einen Monat lang auf sehr engem Raum zusammenleben müssen und aufeinander angewiesen sind.Freude,Ärger,Unruhe,Nervosität etc. wirken dann"ansteckend",so daß sich die VP sicher gegenseitig beeinflußt haben.Die Frage ist,inwieweit diese gegenseitige Beeinflussung in die Ergebnisse eingeht.
Die erste Frage kann somit wie die zweite gestellt werden.
Zur Beantwortung der Frage wurde zusammengestellt,wie oft sich die VP bzw. Meßgrößen gleichsinnig verhielten.D.h. alle Meßgrößenverläufe über die gesamte Versuchsdauer wurden wie in 5.3.2. besprochen auf synchrones und nicht synchrones Verhalten der VP bzw.der Meßgrößen überprüft.

6.3.2. Vergleich des synchronen bzw. nicht synchronen Verhaltens der Meßgrößen und VP an den Klimareiztagen im Vergleich mit den Nichtreiztagen

6.3.2.1. Da sich sowohl die Meßgrößen als auch die VP auch an Nichtreiztagen wesentlich häufiger als zufällig gleich verhalten,folgt,daß nicht nur die Meßgrößen,sondern auch die VP nicht völlig unabhängig voneinander sind,d.h.,daß Faktoren wie Stimmungslage oder von Außen einwirkende Luftdruckschwankungen einen synchronisierenden Einfluß haben.

6.3.2.2. Relativ sicher läßt sich ein Klimaeinfluß(sowohl für Temperatur-als auch für Feuchtereize)nur bei den Hauttemperaturen nachweisen,und zwar durch den synchronisierenden Effekt auf

die 3 VP,der bis etwa Turn 3 bis 4 reicht.

6.3.2.3. Betrachtet man die einzelnen Auswertungsarten nicht isoliert,sondern miteinander,erkennt man bei den umrahmten Quotienten der Tabellen 5 bis 8,daß sie nicht zufällig verteilt sind,sondern gehäuft in den ersten 3 Turns nach dem Klimareiz auftreten,wobei in Turn 3,ca.3-4 Stunden nach dem Reiz ein leichter Gipfel zu erkennen ist und zwar sowohl bei Temperatur- als auch bei Feuchtereizen.
Gerade diese ungleichmäßige Verteilung auf die Turns macht wahrscheinlich,daß es sich bei der Synchronisation bzw.Desynchronisation von VP und Meßgrößen um eine Wirkung der Klimareize handelt,auch wenn eine solche im einzelnen (vermutlich wegen der ungenügend großen Zahlenmenge)nicht nachgewiesen werden kann.
Bei gemeinsamer Betrachtung sieht man auch ein leichtes Übergewicht der Feuchtereize in ihrer Wirkung auf Syn-bzw.Desynchronisation,nimmt man als Maßstab dafür die relative Anzahl der Quotienten,bei denen der Unterschied zu den Nichtreiztagen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner oder gleich 20 % behaftet ist.

6.3.2.4. Das relativ unabhängige Verhalten der 3 Meßgrößen (kein Meßgrößenpaar verhält sich wesentlich häufiger gleichartig als die beiden anderen Meßgrößenpaare) bestätigt retrospektiv die richtige Wahl der Meßstellen.Bei zu kleinem topographischen Abstand hätten 2 oder alle 3 Meßgrößen möglicherweise nur ein und die selbe Information wiedergegeben.

Versucht man die Ergebnisse 6.3.1.und 6.3.2. zusammenzufassen,so kann man folgendes Resumé ziehen:

Kurzzeitige Temperatur-und Feuchtereize,wie sie auch bei uns im täglichen Leben,z.B. auf dem Weg zur Arbeit vorkommen,haben sehr wahrscheinlich eine Auswirkung auf die Hauttemperatur am Bein und auf die Wiedererwärmung am Bein nach einem Kaltwasserfußbad.Die Wirkung läßt sich nachweisen bis etwa 5-6 Stunden nach den einstündigen Klimareizen.
Der Einfluß macht sich bemerkbar in einer Änderung des Tagesgangs sowohl der Hauttemperaturen als auch der Wiedererwärmung und an einer teilweise synchronisierenden ,teilweise desynchronisierenden Wirkung auf die 3 VP und auf die 3 Meßgrößen. Bis etwa 4 Stunden nach dem Klimareiz erfolgt die Reizantwort eher spezifisch(d.h.z.B. wärmere Haut nach Warmreiz,kältere Haut nach Kaltreiz),danach eher unspezifisch(z.B.wärmere Haut sowohl nach Warmreiz als auch nach Kaltreiz).Im Zeitraum der mehr spezifischen Reaktion reagiert die Hauttemperatur oft qualitativ gleich nach Warm- und Feuchtreiz bzw.nach Kalt-und Trockenreiz.
Obschon(wohl wegen der relativ kleinen Datenmenge bei nur 3 VP) eine statistische Signifikanz,wie sie bei medizinischen oder pharmakologischen Versuchen gefordert wird,nicht erbracht werden kann und die Ergebnisse nur einer groben statistischen Einschätzung unterzogen wurden,um den Zufallsanteil an deren Zustandekommen ungefähr abschätzen zu können,sollte man sich auf Grund der Ergebnisse überlegen,ob es nicht angebracht wäre,vor physiologischen Untersuchungen am Menschen die VP wenigstens 5-6 Stunden vor der Untersuchung einem konstanten definierten Klima auszusetzen,um vergleichbare Ausgangsbedingungen zu schaffen.

6.4. Tagesgang der Meßgrößen

6.4.1 Tagesgang der Hauttemperaturen

Bestätigt der Tagesgang der Hauttemperaturen im Schnitt über die Versuchstage und über die 3 VP doch recht gut den in der Literatur beschriebenen,so überrascht doch die Vielfalt der intraindividuellen und der interindividuellen Variationsmöglichkeiten.Sucht man sorgfältig die Verlaufskurven über die 28 Versuchstage ab,so findet man fast sämtliche Möglichkeiten des Tagesganges ,wenngleich auch der durchschnittliche Tagesgang häufig ist.
Entsprechend der Zunahme der Variabilität in der Hautdurchblutung von proximal nach distal nehmen auch Standardabweichung und Spannweiten(=Maximum-Minimum)von proximal nach distal zu.
Entsprechend dem Temperaturgefälle bei nicht zu hoher Umgebungstemperatur von proximal nach distal hat die Zehe die niedrigste Durchschnittstemperatur.
Der Tagesgang der Labilität der Meßgrößen,erkennbar an der Standardabweichung,könnte seine Herkunft dem Umstand verdanken, daß die Ausgangslage der Hauttemperaturen in Turn 1 bei allen VP und Meßgrößen dadurch am gleichmäßigsten war von allen Turns, daß die VP bis kurz vor Turn 1 zur Nachtruhe im Bett lagen.
Die Meßstellen waren somit ca.8 Stunden lang praktisch in stets gleicher Weise abgedeckt,wobei die VP auch stets der gleichen Beschäftigung,nämlich schlafen,nachgingen.

6.4.2. Tagesgang der Wiedererwärmung

Um die Ursache eines gemeinsamen oder spiegelbildlichen Tagesgangs zweier Kurven zu ergründen,genügt oft ein Blick auf die mathematische Beziehung zwischen den Kurven,falls eine solche existiert.In unserem Fall des fast gleichen Tagesgangs der Temperaturen und der Differenz der Hauttemperaturen vor-nach dem Kaltwasserfußbad ist dies die Regressionsbeziehung zwischen der Hauttemperatur vor und nach dem Fußbad.Die beiden Hauttemperaturen zeigen eine annähernd lineare Abhängigkeit,deren Gradmesser der Korrelationskoeffizient"r" ist.In unserem Fall wurde für

jede Hauttemperatur vor dem Fußbad ein Mittelwert für die dazugehörige Hauttemperatur nach dem Bad bestimmt und zwar so,daß die Mittelwerte auf einer Geraden,der Regressionsgeraden,liegen. Die Steigung der Geraden ist meist kleiner als 1.Dies ist der formale Ausdruck für den annähernd parallelen Tagesgang der Hauttemperaturen und der Differenz der beiden Temperaturen vor und nach dem Bad.(Die Steigung 1 würde,da sich die Temperatur nach dem Bad von der Ausgangstemperatur nur durch eine additive Konstante unterschiede,stets gleich große Differenzen bewirken.Eine Steigung größer als 1 wäre Ausdruck eines spiegelbildlichen Tagesgangs.Als Grund für den fast parallelen Tagesgang lassen sich folgende 2 hypothetischen Erklärungen finden:

a)Bei höherer Ausgangshauttemperatur wird in Folge der größeren Temperaturdifferenz zum Wasserbad relativ mehr Wärme ans Fußbad abgegeben.Dementsprechend dürfte die passive Wiedererwärmung schlechter sein(=hohe Differenz $Temp._{vor}$-$Temp._{nach}$).

b)Bei höherer Ausgangstemperatur in Folge besserer Durchblutung resultiert beim Fußbad eine starke Drosselbarkeit der Durchblutung und damit eine relativ schlechtere aktive,vasomotorische Wiedererwärmung (=hohe $Diff._{vor-nach}$).

Warum sich die Temperaturen an verschiedenen Meßstellen genau umgekehrt verhalten,d.h.warum die Meßstelle mit der größten Temperatur die kleinste Differenz aufweist ist etwas schwerer zu erklären.Die im Schnitt wärmeren Meßstellen sind jene über den Größeren Gewebemassen,bei denen die passive Wiedererwärmung auf Grund der größeren Wärmekapazität einen entsprechend stärkeren Anteil an der gesamten Wiedererwärmung hat.Da die passive Wiedererwärmung auf Grund der großen kapazitiv gespeicherten Wärme im Vergleich zur konvektiv mit dem Blutstrom herangeführten Wärme schneller geht als die aktive,hängt ihr Anteil an der Größe der Hauttemperatur nach dem Fußbad vor allem auch ab vom Zeitpunkt der Messung,bei uns nur 4 Minuten nach dem Austauchen.Unsere Hauttemperaturen nach dem Bad dürften deshalb vor allem Ausdruck der passiven Wiedererwärmung sein.Die Meßstelle mit der größeren Wärmekapazität hat bei uns deshalb meist die bessere Wiedererwärmung.d.h. Wade und Fußrücken erwärmen besser als die Zehe und haben aus diesem Grund die kleineren Differenzen zwischen den Temperaturen vor und nach dem Fußbad.

Vergleicht man die VP 1 mit VP 2,so könnte man aus dem größeren

Temperaturgefälle von proximal nach distal bei VP 2 auf einen anderen Funktionszustand im Wärmehaushalt bzw.auf einen anderen Wiedererwärmungstyp im Sinne der Lampert'schen Reaktionstypen schließen,wobei VP 1 eher Wärme abzugeben hat und VP 2 eher Wärme einzusparen sucht.Folgerichtig hat VP 1 die kleineren Differenzen zwischen der Hauttemperatur vor und nach dem Bad, d.h.sie hat die bessere Wiedererwärmung(wenn man als Maß dafür die Differenz der beiden Hauttemperaturen nimmt).Nicht zu diesem Vergleich paßt VP 3.Sie hat nämlich ein noch größeres Temperaturgefälle von der Wade zur Zehe als VP 2,aber an der Wade und am Fußrücken eine etwa ebenso gute Wiedererwärmung wie VP 1 und an der Zehe sogar die beste von allen VP.Würde man vom grösseren Hauttemperaturgefälle von der Wade zur Zehe bei VP 3 gegenüber VP 2 auf einen Wärmehaushalt schließen,der noch mehr Wärme eizusparen sucht,könnte man bei VP 3 von der besten Wiedererwärmung sprechen.Dem Argument:Vielleicht hat VP 3 nur die dicksten Waden bzw.die größte Wärmekapazität in Folge größeren Gewebevolumens an den Meßstellen als VP 1 und VP 2,kann man entgegnen,daß sich dann die bessere Wiedererwärmung vor allem an den Meßstellen mit den größten Wärmekapazitätsunterschieden bemerkbar machen müsste.Gerade aber die Zehe zeigt besonders deutlich kleinere Differenzen der beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Fußbad.

Der Tagesgang der Differenz der beiden Hauttemperaturen folgt dem der Hauttemperatur vor dem Bad,wobei sich die VP ähnlich sind.Mit einer Ausnahme(VP 1,Zehe) ist die Differenz in Turn 5 kleiner als in Turn 1,d.h. die VP haben in Turn 5 eine bessere Wiedererwärmung als in Turn 1.Dies stimmt gut mit den Ergebnissen über den Tagesgang der akralen Wiedererwärmung von Hildebrandt(32)überein:während der Aufheizphase des biologischen Vormittags(bis 15 Uhr) erfolgt eine schlechtere,während der Entwärmungsphase des biologischen Nachmittags eine bessere Wiedererwärmung.Man muß allerdings bedenken,daß die Differenz der Hauttemperaturen vor und nach dem Bad,als Maß der Wiedererwärmung genommen,abhängig ist vom Tagesgang der Hauttemperaturen. Um diese Abhängigkeit weitgehend auszuschalten,wurde,wie bespro-

chen,eine Regressionsbeziehung zwischen den Temperaturen vor und nach dem Bad berechnet,und zwar,um den Verlauf von Turn zu Turn zu zeigen,getrennt für jede Meßgröße,VP und Turn (n=28). Es wurde der Tangens des Steigungswinkels(=Steigung) von Turn zu Turn aufgetragen.Die Regressionsgerade hat die allgemeine Gleichung $X = b\,Y + C$, wobei X die Hauttemperatur vor und Y die Hauttemperatur nach dem Bad ist.Die Steigung b hat die Gleichung $b = r \frac{s_y}{s_x}$,wobei r der Korrelationskoeffizient ist, ein quantitatives Maß für die Beziehung zwischen den beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Bad,welches allerdings nur den linearen Anteil des Zusammenhanges erfaßt. s_x und s_y sind die beiden Standardabweichungen.

Wie man sieht,ist der Verlauf der Steilheit von Turn zu Turn sehr ähnlich dem Verlauf des Korrelationskoeffizienten,was durch obige Gleichung der Steigung teilweise verständlich ist. Eigenartig scheinen aber 2 Eigenschaften des Verlaufs der Steigung,nämlich die fehlende Abstufung von der Meßgröße Wade zur Meßgröße Zehe und der seltsame Tagesgang,bei dem sich kaum alle VP gemeinsame Tendenzen zeigen.Ein Blick auf den Verlauf des Korrelationskoeffizienten zeigt,daß dieser zwar einen ebenso merkwürdigen Tagesgang aufweist,eine Abstufung von Meßgröße zu Meßgröße aber darin angedeutet ist,daß die Zehe im Schnitt bei allen VP über Wade und Fußrücken liegt.Allerdings ist diese Abstufung der theoretisch erwarteten genau entgegengesetzt.

Die Erklärung dafür ist im Grunde die gleiche,wie oben für die umgekehrte Reihenfolge der Meßgrößen bei den Temperaturen und der Differenz der Temperaturen.

Die Meßstelle mit der größten Wärmekapazität(Wade)müsste eigentlich auch den größten Korrelationskoeffizienten aufweisen,wenn die passive Wiedererwärmung einen größeren Anteil am Zustandekommen der Hauttemperatur nach dem Bad hat,als dies bei der Meßstelle mit kleinerer Wärmekapazität(Zehe) der Fall ist.

Da die passive Wiedererwärmung nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten abläuft,müßte die so erreichte Hauttemperatur nach dem Bad eher durch eine lineare Beziehung mit der Hauttemperatur

vor dem Bad verbunden sein,als bei kleinerem Anteil der passiven Wiedererwärmung relativ zur aktiven,vasomotorisch geregelten.Bei uns ist es genau umgekehrt:Die Meßstelle mit der kleinsten Wärmekapazität(Zehe) hat den größten Korrelationskoeffizienten.Die Erklärung dieses paradox scheinenden Ergebnisses dürfte in der Wahl des Zeitpunktes der Hauttemperaturmessung nach dem Kaltwasserfußbad liegen.

Betrachtet man nämlich ein Beispiel der ursprünglich vom Zwölfpunkteschreiber gezeichneten Wiedererwärmungskurven(Abb.3),sieht man,daß diese Kurven aus zwei unterschiedlichen Charakteristiken bestehen:Einem ersten flachen Teil unmittelbar nach dem Fußbad(in welchem die Temperatur sehr rasch ansteigt)und nach eher fließendem Übergang einem zweiten steileren Teil(in dem die Temperatur langsamer und gleichmäßiger ansteigt).Der Kurventeil, in dem die Temperatur rasch ansteigt,dürfte der überwiegend passiven Wiedererwärmung,der steilere Teil der überwiegend aktiven entsprechen.Der Übergang von der mehr passiven zur mehr aktiven Wiedererwärmung ist zeitlich nicht genau zu fixieren,man erkennt aber doch recht gut einen Unterschied in den Meßgrößen:Bei der Zehe scheint die passive Wiedererwärmung zum Zeitpunkt der Messung der Hauttemperatur nach dem Bad abgeschlossen zu sein.Die aktive bewirkt nur noch relativ kleine Änderungen der Hauttemperatur nach dem Bad.Beim Fußrücken scheint die passive Wiedererwärmung ebenfalls nahezu abgeschlossen zu sein,aber die aktive (erkennbar auch am beginnenden Vasomotorenspiel) bewirkt relativ dazu größere Änderungen der Hauttemperatur nach dem Bad als bei der Zehe.Bei der Wade indess scheint die passive Wiedererwärmung noch nicht abgeschlossen zu sein.Jedenfalls verlaufen die Wiedererwärmungskurven sehr konstant,nahezu ohne Streuung trotz Streuung der Hauttemperatur vor dem Bad.

Bedenkt man den theoretischen Fall einer stets konstanten Wiedererwärmung trotz verschiedener Ausgangswerte(d.h.nur einen konstanten 4-Minuten-Wiedererwärmungswert),so wäre der Korrelationskoeffizient gleich Null.

Bedenkt man ferner,daß eine sehr kleine Streuung der Temperaturen nach dem Bad bei großer Streuung der Temperaturen vor dem Bad nicht nur einen kleinen Korrelationskoeffizienten bewirken,

sondern auch eine kleinere Steigung der Regressionsgeraden (die Streuung geht mit der Standardabweichung in die Gleichung der Steigung ein),so wird verständlich,daß sich der Abstand der Meßgröße mit größerer Wärmekapazität(Wade)von der Meßgröße mit kleinerer Wärmekapazität bei der Steigung sogar noch vergrößern kann(z.B.VP 1).
Das paradox scheinende Ergebnis,daß die Zehe den größten Korrelationskoeffizienten aufweist ist somit in erster Linie eine Folge der kurzen Zeitspanne der Wiedererwärmungsmessung(zur 4-minütigen Wiedererwärmungsmessung siehe Kapitel"Methodenkritik").
In Zusammenhang mit der kurzen Wiedererwärmungsmessung scheint auch der seltsame Tagesgang der Steigung der Regressionsgeraden zu stehen.Wird nämlich die von einer variablen Größe abhängige Streuung kleiner,kommt die zufallsbedingte Streuung stärker zur Geltung.In unserem Fall bedeutet dies,daß sich die Steigung bis etwa 0,36 $^{o}C/^{o}C$ ändert,wenn man einen durch Streuung abseits liegenden Punkt auf die Regressionsgerade legt und deren Steigung neu berechnet,d.h.die Lage der über 28 Tage errechneten Regressionsgeraden scheint weitgehend zufallsbedingt.
Da die Steigung nur ein unvollkommenes Bild der Regressionsbeziehung gibt,sich die Regressionsbeziehung schlecht in ihrem zeitlichen Verlauf graphisch darstellen läßt und sich außerdem die Zufallsvariante am Zustandekommen der Regressionsbeziehung so nicht oder nur sehr schlecht abschätzen läßt,wurde eine andere Art der Verlaufsdarstellung von Turn zu Turn gewählt,welche zwar theoretisch eine ähnliche Verlaufsform wie die Darstellung der Steigung haben sollte,praktisch aber etwas anders aussieht, da die Zufallsstreuung sich weniger auswirkt.
Es wurde eine Regressionsbeziehung über alle Turns errechnet (n=28x5=140).Die Abstände der Hauttemperaturen nach dem Bad von dieser Regressionsgeraden wurden für jeden Turn gemittelt und es wurde die Standardabweichung als Maß für die Streuung dieser Residuen berechnet.
Relativ zu den Schwankungen der Residuenmittel von Turn zu Turn sind die Standardabweichungen groß,d.h.die Lage der für jeden

Turn errechneten Regressionsgeraden dürfte doch sehr stark vom Zufall bestimmt worden sein(Tab.9-11 und Abb.23,5) Die Residuenmittel zeigen in ihrem Verlauf von Turn zu Turn trotz der großen Standardabweichungen bei allen VP eine ähnliche Charakteristik.Der Verlauf ist meist spiegelbildlich dem Verlauf der Differenz der beiden Hauttemperaturen.Die Aussage über die Wiedererwärmung entspricht somit voll derjenigen,welche von der Differenz der beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Bad abgeleitet wurde.Darüber hinaus ist aber noch die Aussage möglich,daß sich die Regressionsbeziehung zwischen der Ausgangstemperatur und der Temperatur 4 Minuten nach dem Kaltwasserbad tageszeitlich der Art ändert,daß der Steigungswinkel im Schnitt der 3 VP von Turn 1 bis Turn 5 größer wird,wobei um die biologische Mittagszeit(Hildebrandt)(bei uns Turn 3 und 4) eine Abnahme des Winkels zu beobachten ist. Aus dem spiegelbildlichen Verhalten der Residuenmittel und der Differenz der beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Bad ergibt sich auch die Folgerung,daß die Differenz eine recht brauchbare einfache Darstellung ist,um Aussagen über die Wiedererwärmung zu machen.

7. Methodenkritik

Es sollen die Fragen beantwortet werden:

Ist die Methode brauchbar?
Was sollte beim nächsten Mal geändert,
was verbessert werden?

Es werden 3 Punkte besprochen:
Die Wiedererwärmung(speziell der Zeitpunkt der Messung der Hauttemperatur nach dem Kaltwasserfußbad),
der Zeitpunkt der Turns,
die Größe der Klimareize relativ zu versuchsbedingten Reizen.

7.1. Die Wiedererwärmung

Die Wiedererwärmung nach einem Standardkaltreiz wurde von anderen Autoren bereits in unterschiedlicher Weise ausgewertet (Lampert,Gruner,Hildebrandt,Dirnagl).Allen gemeinsam jedoch ist, daß sie die Wiedererwärmung über einen längeren Zeitraum(ca.10-30 Minuten)verfolgten.Bei Hildebrandt oder Dirnagl z.B. wurde die Zeit gestoppt,bis zu der eine bestimmte Wiedererwärmungstemperatur erreicht war(32,15).Diese Wiedererwärmungszeit wurde bei Dirnagl z.B. durch eine Wiedererwärmungsgeschwindigkeit ergänzt, welche durch die Zeit bestimmt wurde,in der ein bestimmter Prozentsatz der Wiedererwärmungstemperatur erreicht war.Damit sollte sowohl die Anfangskinetik als auch der weitere Verlauf der Wiedererwärmung in Zahlen erfaßt werden.Ein solches bewährtes Verfahren ließ sich jedoch schlecht in den sehr straffen Zeitplan der Turns einbauen.Die Hauttemperaturmessung vor und nach einem Kaltwasserfußbad war ja nur eine von vielen Messungen physiologischer Größen,die zeitlich aufeinander abgestimmt werden mußten (siehe Turnplan,Abb.2). Außerdem sollte für die VP noch ein gewisses Maß an Freizeit übrigbleiben,um die Stresswirkung für die VP möglichst gering zu halten. Aus diesen Gründen entschloß man sich zu der hier beschriebenen Versuchsdurch-

führung.Es war,wie man glaubte,etwa die minimale Zeitdauer zur Durchführung der Wiedererwärmungsmessung(1 Minute Messung der Ausgangstemperaturen,1 Minute Kaltwasserbad,4 Minuten Wiedererwärmung) und die maximale in Hinblick auf den Turnplan.Vergessen darf man ferner nicht das Hauptziel des Bioklima-Raum-Versuches,welches nicht darin bestand,die Wiedererwärmung am Bein nach einem Kaltwasserbad zu untersuchen,sondern Näheres über die Wirkung kurzzeitiger Klimareize auf den Organismus in Erfahrung zu bringen.Die Hauttemperaturen und die Wiedererwärmung sind nur ein Teilaspekt des Ganzen.

Wie in der Diskussion des Tagesgangs der Wiedererwärmung kurz besprochen,taucht bei der relativ kurzen Zeit der Wiedererwärmungsmessung ein spezielles Problem auf,daß nämlich vor allem bei der Wade die passive Komponente der Wiedererwärmung noch nicht soweit abgeschlossen scheint,daß die aktive überhaupt meßbar wird.Wie die Abb.3 zeigt,verlaufen die Wiedererwärmungskurven unmittelbar nach dem Kaltwasserbad nahezu identisch unabhängig von ihrem Ausgangswert vor dem Bad,aber charakteristisch für jede Meßstelle.Nach einer meßstellencharakteristischen Zeit beginnen die Kurven teilweise abhängig vom Ausgangswert zu streuen.Entsprechend der kleineren Wärmekapazität ist diese Zeit am kürzesten bei der Zehe und entsprechend der größeren Wärmekapazität am längsten bei der Wade.Die Wade streut nach 4 Minuten Wiedererwärmung noch sehr wenig.Das führt aber dazu, daß versuchsbedingte,nicht gewollte Streuung bei der Wade im Vergleich zur Zehe mehr Gewicht hat,erkennbar am Korrelationskoeffizienten zwischen Ausgangs-und Wiedererwärmungstemperatur und auch an der sehr stark mit vom Zufall bestimmten Lage der Regressionsgeraden(vor allem jener über 28 Tagen errechneten). Auch wenn dadurch Zeitprobleme bei anderen Versuchen auftreten, sollte man bei einer Wiederholung des Versuches die Wiedererwärmung unbedingt über etwa die doppelte Zeitspanne verfolgen, möchte man nicht auf die insgesamt doch bewährte Wiedererwärmungsmessung ganz verzichten.

7.2. Der Zeitpunkt der Turns

Die zeitliche Lage und die Anzahl der Turns entsprang gewissen Überlegungen,die teilweise mehr theoretischer Art waren (gleiche Ausgangslage in Hinblick auf die Nahrungsaufnahme, möglichst viele Turns,möglichst keine Überforderung der VP) teiweise eher praktischen Überlegungen entsprangen(Turns sollten möglichst in den Dienststunden des Instituts liegen, damit bei unvorhersehbaren Schwierigkeiten,wie z.B.Schäden an den Geräten,schnell Hilfe zur Stelle war,etc.).
So wurden die 5 Turns,wie beschrieben,in die Zeit gleich nach dem Aufstehen(7 Uhr) bis kurz vor die Abendmahlzeit(18 Uhr) gelegt.
Auf Grund der Arbeiten von Aschoff und Hildebrandt über biologische Rhythmen weiß man,daß die "biologische Tageszeit"für den Menschen der astronomischen Tageszeit meist hinterher läuft,so, daß man die biologische Tagesmitte etwa um 15 Uhr ansetzen muß. Die meisten tagesrhythmisch sich ändernden biologischen Größen zeigen die auffallendsten Unterschiede im Vergleich des biologischen Vormittags zum Nachmittag,so auch der Wärmehaushalt des Menschen(1,32).
Für uns bedeutet die 15 Uhr-Grenze,daß zwar 3 Turns den Vormittag repräsentieren,aber nur 1 Turn den Nachmittag.Turn 4 um 14^{30}Uhr fällt etwa mit der biologischen Tagesmitte zusammen. Natürlich kann man für künftige Versuche nicht einfach mehr Turns fordern.Man könnte aber den Abstand der Turns vergrößern, so,daß(bei einem Abstand von etwa 3-4 Stunden) bei gleichem Beginn von Turn 1,Turn 5 erst nach 19 Uhr anfangen würde. 2 Turns lägen dann vor,und 2 Turns nach der biologischen Tagesmitte.Ein anderer Weg wäre der,die Zahl der Turns auf 6 zu erhöhen,falls sich dies mit der Belastung der VP vereinbaren läßt.Auf jeden Fall kann man vermuten,daß sich bei einem zusätzlichen Turn in den Abendstunden deutlichere Tagesschwankungen der Meßgrößen ergeben würden.

7.3. Relation der Klimareize zum versuchsbedingten Reiz

Bei der Relation der Klimareize zu versuchsbedingten Reizen interressiert vor allem die energetische Auswirkung der Klimareize auf die VP im Vergleich zu dem mit der Wiedererwärmungsmessung verbundenen Reiz,d.h.also mit dem Kaltwasserfußbad.
Es gibt Messungen der Wärmeabgabe im Medium Luft in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und ebensolche für die Wärmeabgabe im Medium Wasser,jedoch wurde zur Ermittlung der jeweiligen Wärmeabgabe stets ein Steady State abgewartet.
Für die relativ langen Klimareize kann man ohne großen Fehler für die ganze Klimareizzeit ein Steady State annehmen,nicht aber für die nur einminütige Wärmeabgabe im Wasserbad.Aus diesem Grund wurde die Energiemenge bei der Wärmeabgabe in Luft an Hand von Tabellen berechnet,bei der Wärmeabgabe in Wasser durch einen einfachen calorimetrischen Versuch abgeschätzt.
Es wurde ein Kaltwasserbad in gleicher Weise wie im Versuch wiederholt und die Wassertemperatur vorher und nachher gemessen.
Wärmeabgabe während der Klimareize:

(Wärmeabgabe aus:Aschoff,Temperaturregulation,S.58,1971(1))
(Hautoberfläche aus:Boehringer,Präparate,Tabellen,Nomogramme(8))
Hautoberfläche einer VP von 70kg und 178 cm Körpergröße:1,88m^2.
Dauer der Klimareize: 60 Minuten.

	Raumtemperatur	Wärmeabgabe	gesamte Wärmeabgabe
Kein Reiz	23 °C	0,075 $\frac{cal}{cm^2 min}$	ca.84,6 KgCal
Warmreiz max.	30 "	0,054 "	" 60,9 "
Kaltreiz min.	18 "	0,100 "	"112,8 "

Kalorienminderabgabe bei Warmreiz(rel.zum Nichtreiz): -23,7 Kg-Cal.
Kalorienmehrabgabe bei Kaltreiz (rel.zum Nichtreiz): 28,2 "
Kalorienmehrabgabe bei Kaltreiz (rel.zum Warmreiz): 51,9 "

Da sich die Angaben auf einen unbekleideten Menschen beziehen,

dürften die wahren Unterschiede von Klimareiz-und Nichtreiztagen für die mit Turnhose und Turnhemd bekleideten VP kleiner ausfallen.

Wärmeabgabe im Kaltwasserfußbad:
Dauer:60 Sekunden, Lufttemperatur:23°C, Luftfeuchte::ca.60 %.

Wassertemperatur	vorher	nachher	Wassermenge	gesamte Wärmeabgabe ans Wasser
	13 °C	13,9 °C	8,3 l	7,47 Kg-Cal

Vergleicht man die von einer VP täglich 5 mal ans Wasser abgegebene Wärmemenge mit der klimareizbedingten Mehr-bzw.Minderabgabe an die Umgebung,so kommt man etwa zum Verhältnis:

Fußbad : Warmreiz = 1 : 3
Fußbad : Kaltreiz = 1 : 4

Der versuchsbedingte Reiz ist somit relativ zum Klimareiz groß. Zusätzlich ist zu bedenken,daß das Fußbad stets eine Wärmemehrabgabe,die Klimareize aber entweder eine Mehrabgabe(Kaltreiz), oder eine Minderabgabe(Warmreiz) im Vergleich zum Nichtreiz bedeuten.
Für den Turn 2 zumindest werden die Verhältnisse noch dadurch modifiziert,daß die Ausgangshauttemperaturen in Abhängigkeit vom vorausgehenden Klimareiz unterschiedlich sind.
Bei höherer Ausgangstemperatur(Warmreiz) dürfte mehr Wärme ans Wasser abgegeben worden sein als bei niedererer.Dies bedeutet, daß bei energetischer Bilanzierung das Verhältnis von Fußbad zu Klimareiz für Turn 2 nach Warmreiz eher größer,nach Kaltreiz eher kleiner ist als das errechnete,vorausgesetzt man läßt die Richtung der ausgetauschten Wärmemengen außer Betracht.
Da beim Warmreiz einerseits weniger Wärme an Luft,andererseits mehr Wärme ans Fußbad abgegeben wird(d.h.das Verhältnis Fußbad: Warmreiz =1 : 3 einem Vergleich zwischen Mehrabgabe und Minderabgabe entspricht,während das Verhältnis Fußbad : Kaltreiz einem Vergleich von Mehrabgabe zu Mehrabgabe entspricht),sollte der Kaltreiz die größere Reizstärke haben.Dies wurde andeutungsweise auch bei der Auswertung beobachtet.

Abschließend seien die klimareizbedingten Wärmemehr-bzw.Minderabgaben noch mit jedermann bekannten Energiemengen verglichen,und zwar mit denen unserer Nahrung.
Eine mittlere Portion Rindersteak(ca.180 g) beinhaltet etwa 534 Kg-Cal.Ein von den VP täglich zum Frühstück verzehrtes Ei hat etwa 80-100 Kg-Cal(Angaben aus Tabellen Geigy(24)).
Rein energetisch entspricht somit der durch Änderung der Raumtemperatur gesetzte Reiz nicht einmal dem Verzehr eines halben Eies.Die Klimareize sind also energetisch betrachtet sehr klein in Relation zu anderen unvermeidbaren Reizen,wie z.B. der täglichen Nahrungszufuhr.
Insofern ist es schon erstaunlich,daß eine Auswirkung der Klimareize auf die VP über einen Zeitraum von Stunden wahrscheinlich gemacht weden konnte.
Es läßt sich auch vermuten,daß eine Wechselwirkung zwischen Klima und Mensch nicht nur durch eine vermehrte oder verminderte Wärmeabgabe wirksam wird,sondern daß andere Mechanismen eine wichtige Rolle spielen dürften,wie z.B. Änderung der Relation Kern-Schale,Durchblutungsvariation von Haut und Muskulatur mit damit verbundener Wirkung auf das Herz-Kreislaufsystem.

Zusammenfassung

1) Im Rahmen eines 4-wöchigen Dauerversuches hielten sich drei Medizinstudenten in einem künstlichen,konstanten Klima eines sogenannten Bioklima-Raumes auf.Das einstündige Frühstück und Abendessen nahmen die Versuchspersonen in einem,dem Bioklima-Raum benachbarten Raum ein,in welchem an bestimmten Tagen bezüglich Temperatur und Feuchtigkeit ein anderes Klima herrschte als im Bioklima-Raum,so daß diese Tage zu Klimareiztagen wurden.
2) In 5 Meßturns pro Tag wurden neben anderen physiologischen Größen die Hauttemperatur an rechter Wade,rechtem Fußrücken und rechter großen Zehe vor und nach einem standardisierten Kaltwasserfußbad gemessen.
3) Es wird der Tagesgang der Hauttemperaturen und der Wiedererwärmung besprochen und untersucht,ob ein Einfluß der Klimareize auf die Meßgrößen erkennbar ist.
4) Die Tagesgänge der Hauttemperaturen zeigen große intra-und interindividuelle Unterschiede,entsprechen aber im Schnitt über die Versuchstage und Versuchspersonen den in der Literatur beschriebenen.
5) Auch in der Regressionsbeziehung zwischen den beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Kaltwasserbad ist ein (relativ zu den Standardabweichungen gering ausgeprägter)Tagesgang der Art erkennbar,daß die Steigung von Turn 1 bis Turn 5 größer wird,wobei um die biologische Mittagszeit (Turn 3 und 4) eine Abnahme des Steigungswinkels der Regressionsgeraden zu beobachten ist.
6) Ein Einfluß der Klimareize zeigt sich in einer Änderung des Tagesgangs und in einer teils synchronisierenden,teils desynchronisierenden Wirkung auf die Versuchspersonen und Meßgrössen.Er hält etwa 5 bis 6 Stunden an.
7) Bezüglich der Klimaeinflüsse enthält die Hauttemperatur vor dem Bad schon fast alle Information im Vergleich zu den aus der Regressionsbeziehung der beiden Hauttemperaturen vor und nach dem Bad abgeleiteten Residuen.

8) Der Nachweis des Klimaeinflusses kann wohl in Folge der geringen Datenmenge bei nur 3 Versuchspersonen nicht mit einer statistischen Signifikanz geführt werden,wie sie bei medizinischen oder pharmakologischen Versuchen üblich ist.
9) Man sollte trotzdem auch jetzt schon Konsequenzen der Art ziehen,daß man Versuchspersonen vor physiologischen Untersuchungen sicherheitshalber mehrere Stunden langeinem definierten Klima aussetzt,um gleiche Ausgangsbedingungen zu haben.

Literatur:

1 Aschoff J. Energiehaushalt und Temperaturregulation,Band 2 aus:Gauer,Kramer,Jung, Physiologie des Menschen(München,Berlin,Wien 1971)

2 Aschoff J. Hauttemperatur und Hautdurchblutung im Dienste der Temperaturregulation Klin.Wschr.36,193 (1958)

3 Aschoff J.,Wever R. Kern und Schale im Wärmehaushalt des Menschen,Naturwissenschaften 45,477 (1958)

4 Assmann D. Zur Physiologie und Pathophysiologie der Reaktionen auf atmosphärische Umwelteinflüsse,Zeitschr.d.gesamten Inneren Medizin 19,385 (1964)

5 Assmann D. Die Wetterfühligkeit des Menschen, Jena,1963

6 Bazett H.C. The Regulation of Body Temperatures in:Newburgh L.H.Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing, Philadelphia 1949,109-192

7 Bazett H.C. Theory of Reflex Controls to Explain Regulation of Body Temperature at Rest and During Exercise, Journal of Applied Physiology 4,245 (1951)

8 Boehringer Tabellen,Nomogramme,Präparate,Mannheim, 1972

9 Brück K.,Hensel H. Wärmedurchgang und Innentemperatur der menschlichen Extremitäten,Pflüger's Archiv f. d. gesamte Physiologie,257, 70-86 (1953)

10 Burckhardt W. Über die Beziehung der peripheren Zirkulation zur inneren Sekretion und zum Stoffwechsel an Hand von Hauttemperaturmessungen,Arch.Dermat.191,Kongr.Berichte 137 (1949)

11	Burton A.C.	The Average Temperature of the Tissue of the Body,Journal of Nutrition 9,261 (1935)
12	Büttner R.	Über den Einfluß der Blutzirkulation auf die Wärmeverfrachtung in der Haut Strahlentherapie 55,333 (1936)
13	D'Ans J.,Lax E.	Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Berlin 1943
14	De Rudder B.	Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen,Springer 1952
15	Dirnagl K.	Die Reaktionen der Vasomotoren auf einen Hydrotherapeutischen Standardreiz und ihre Abwandlung durch die Kneippkur, Experim.Beitr.zur Kneipptherapie, Kurverwaltung Bad Wörishofen 1955
16	Dirnagl K.	Zur Methodik der meteorobiologischen und bioklimatischen Forschung,Arch. Physik. Ther. 5,Heft 2 (1953)
17	Dirnagl K.	Die Wetterempfindlichkeit als Zivilisationsschaden?,Arch.Physik.Ther.9, Heft 3 (1957)
18	Drexel H.	Experimenteller Beitrag zur Wirkung Kneipp'scher Teilanwendungen auf die Hautdurchblutung,Experim.Beitr. zur Kneipptherapie,Kurverwaltung Bad Wörishofen 1955
19	Ebbecke U.	Schüttelfrost in Kälte,Fieber und Affekt, Klin. Wschr.26,609 (1948)
20	Engler-Hamm	Veränderungen der Reaktion auf einen Kaltreiz im Verlauf von Kneippkuren untersucht an Hand von Meßgrößen der Thermoregulation und des Kreislaufs, Inaug.Diss.an der Univ. München 1971
21	Eynern F.v.	Mensch und Wetter,München 1975

22	Ferris B.G.,Forster R.E.,Pillion E.L., Christensen W.R.	Control of Peripheral Blood Flow: Responses In the Human Hand when Extremities are Warmed,American J. of Physiology 150,304 (1947)
23	Forster R.E.,Ferris B.G.,Day R.	The Relationship Between Total Heat Exchange and Blood Flow in the Hand at Various Ambient Temperatures. American Journal of Physiology 146, 600 (1946)
24	Geigy	Documenta Geigy,wissenschaftliche Tabellen,Basel 1960,6.Aufl.
25	Gruner R.	Die kutane Abkühlungsreaktion des Unterarmes als Probe zur Bestimmung der Lampert'schen Reaktionstypen,Arch. Physik. Ther.5,Heft 1 (1953)
26	Hardy J.D.	Physiology of Temperature Regulation, Physiol.Rev.41,521 (1961)
27	Heidelmann G.	Vergleichende Untersuchungen über die Hautgefäßreaktion am Stamm und an den Akren des Menschen,Zschr. f.klin.Med. 154,405 (1957)
28	Heidelmann G.	Theoretische Grundlagen und praktische Erfahrungen mit der akralen Wiedererwärmungsreaktion bei der Reaktionstypendifferenzierung,Arch.Physik.Ther. 10, 354 (1958)
29	Heipertz W.	Wirkung physiotherapeutischer Maßnahmen auf die Durchblutung von Haut und Muskulatur des Menschen,Heidelberg 1967 59-60
30	Hensel H.	Heat and Cold,Ann.Rev.Physiol.21,91 (1959)
31	Hensel H.,Brück K., Seraphin R.	Durchblutung und Wärmeleitfähigkeit der Haut bei Einwirkung eines neuen Hyperämikums,Zeitschr.f.Rheumaforschung 13, 1-11 (1954)

32 Hildebrandt G. Über tagesrhythmische Steuerung der Reagibilität - Untersuchungen über den Tagesgang der akralen Wiedererwärmung,Arch.f.Physik.Ther.9,292 (1957)

33 Hollwegs G. Vergleichende Messungen der Wiedererwärmung nach definiertem Kaltreiz an Hand und Fuß bei jungen und alten Gesunden beiderlei Geschlechts, Med.Inaug.Diss.Hamburg 1967

34 Jansky L. Adaptability of Heat Production Mechanism in Homeotherms,Acta Univ.Carol.Biol. Prag,1,1-91 (1965)

35 Kanz E.,Netzle, Dirnagl K. Experimenteller Beitrag zur kapillarmikroskop.Untersuchung der Wetterbeeinflußbarkeit des Organismus,Münchner Med. Wschr.94,126 (1952)

36 Kleine-Natrop H.E. Physikalische Funktionsprüfung der Hautdurchblutung,in:Gottron H.A.,Schönfeld W., Dermatologie und Venerologie,Bd.1,Teil 1, Thieme 1961

37 Kölsch H. Verhalten einiger thermophysiologischer Meßgrößen am Menschen bei Variation der Luftfeuchte während eines langfristigen Aufenthaltes im Klimaraum,Med.Inaug. Diss. Univ.München 1972

38 Murlin J.R. Skin Temperature,its Measurement and Significance for Energy Metabolism, Ergebnisse d. Physiologie 42 ,153 (1939)

39 Paeschke R. Das Verhalten von Körpertemperatur und Temperaturempfinden des Menschen während eines langfristigen Klimakammeraufenthaltes bei wechselnder Luftfeuchte, Inaug.Diss.am Institut f.Balneologie und mediz.Klimatologie d.Univ.München, 1972

40 Precht H.
Christophersen J.
Hensel H.
Temperatur und Leben,Berlin 1955

41 Regli J.,Stämpfli R.
Die Kapillarresistenz als objektives Maß für die Wettereinflüsse auf den Menschen,Helvetica Physiologica Acta 5, 40 (1947)

42 Spiro P.,Mörikofer W.
Über die Beziehung von Blutdruckhöhe und Blutdrucklabilität zur Witterung (Tagung der Schweizerischen Med.-Biol. Gesellschaft am 18/19.8.35 in Einsiedeln) Schweiz.Med.Wschr.66,537 (1936)

43 Thauer R.
Ciculatory Adjustments to Climatic requirements, in:Handbook of Physiology,Section 2,Circulation,3,Washington 1965

44 Uberla K.
Biomathematik - Erläuterungen und Lernhilfen zum Gegenstandskatalog,Inst.f. Med. Informationsverarbeitung und Biomathematik der Univ.München,So.-Sem.74

45 Warmbt W.
Akrale Hauttemperatur(Finger) und Klimaempfinden in ihrer Beziehung zu meteorologischen Faktoren,Akademieverlag Berlin,1956,Zschr.f.angew.Meteorologie 2, 323 (1957)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Dipl.-Phys. K.Dirnagl meinen herzlichsten Dank für die Überlassung des Themas und die Betreuung bei der Bearbeitung aussprechen.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Prof.Dr.H.Drexel sowie allen Mitarbeitern des Instituts,die mich bei meiner Arbeit unterstützten,insbesondere Herrn Dipl.Phys.Dr.J.Kleinschmidt für die wesentliche Mithilfe bei den Computerberechnungen.

Lebenslauf

Werner, Stephan, Hermann Kopp, geb. 23.10.1949
in München
Eltern: Hans und Maria Kopp

56 - 60	Volksschule am Mariahilfplatz München
60 - 69	Albert-Einstein-Gymnasium in München
69	Abitur
69 - 75	Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilian-Universität in München
75	Staatsexamen
75 - 76	Medizinalassistentenzeit in München
76	Approbation als Arzt
76 - 78	Grundwehrdienst als Truppenarzt bei der Bundeswehr
78	Beginn der Tätigkeit als Assistenzarzt der 4.Medizinischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses München-Harlaching

Seit 26.6.75 verheiratet mit meiner Frau Alexandra,
Drei Kinder: Florian, Laura, Johannes.